

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

## **Návrh technologie výroby ozubení odvalovacím frézováním**

The Proposal of the Technology for the Production  
of Teeth by Rolling Milling

Student:

Bc. Lukáš Blažek

Vedoucí práce:

doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petruš, Ph.D.

Ostrava 2018

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Lukáš Blažek**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie  
Téma: **Návrh technologie výroby ozubení odvalovacím frézováním**  
**The Proposal of the Technology for the Production of Teeth by Rolling Milling**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Rešerše stávajícího stavu výroby ozubení odvalovacím způsobem.
2. Návrh technologického postupu výroby.
3. Techniko-ekonomické zhodnocení.
4. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

BRYCHTA, J.; ČEP, R.; SADÍLEK, M.; PETŘKOVSKÁ, L.; NOVÁKOVÁ, J. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/NSPO>. ISBN 978-80-248-1505-3.  
HUMÁR, A. *Materiály pro řezné nástroje*. Brno : MM Publishing Praha, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.  
SHAW, Milton C. *Metal Cutting Principles*. 2nd edition. New York : Oxford University Press, 2005. 651. p. ISBN 0-19-514206-3.  
STEPHENSON, D. A.; AGAPIOU, J. S. *Metal cutting theory and practice*. New York : Marcel Dekker, Inc., 1997. ISBN 0-8247-9579-2.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018

  
doc. Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 21. května 2018.

  
.....  
Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem si vědom, že na tuto moji závěrečnou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou diplomovou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této diplomové práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- беру на ве́домі́, že - podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato diplomová práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 21. května 2018.



.....

Podpis autora práce

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Lukáš Blažek

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Palkovice 664, 739 41

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

BLAŽEK, L. *Návrh technologie výroby ozubení odvalovacím frézováním: Diplomová práce*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2018, 66 s. Vedoucí práce: doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.

Práce se zabývá návrhem nové technologie výroby ozubeného kola pro převodové ústrojí do pohonné jednotky vlaku. V první části práce je teoreticky popsána výroba ozubení odvalovacím způsobem, a to jak hrubovací tak i dokončovací operace. Druhá část práce obsahuje informace o výrobku, použitém materiálu a polotovaru. Poté následuje podrobný soupis všech použitých strojů, nástrojů a měřidel. V třetí části je podrobně popsán výrobní postup součásti a v poslední, čtvrté části, je provedeno technicko-ekonomické zhodnocení výroby.

Tento výrobní postup byl zhotoven dle požadavků zákazníka pro dané ozubené kolo. Následně byla realizovaná výroba 4 ozubených kol.

BLAŽEK, L. *The Proposal of the Technology for the Production of Teeth by Rolling Milling: Diploma Thesis*, Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering. Department of Machining, Assembly and Engineering Metrology, 2018, 66 p. Thesis head doc. Ing.et Ing.Mgr. Jana Petřů, Ph.D.

The thesis deals with the design of a new technology for the production of a gearwheel for the gear unit in the train drive unit. In the first part of the thesis there is theoretical description of the production of gearing in a rolling manner, both roughing and finishing operations. The second part contains information about the product, the used material and the semi-finished product. Then follows a detailed inventory of all used machines, tools and gauges. The third part describes in detail the production process of the part and in the fourth part of the thesis, is focusing on the technical - economic evaluation of the production.

This manufacturing process was made according to the customer's requirements for the gear. Subsequently, the production of 4 sprockets was realized.

## **Poděkování**

Práce byla podpořena ze Studentské grantové soutěže Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava v rámci projektu SP2018/150 Specifický výzkum moderních výrobních technologií s cílem zvýšit a podpořit vědecko-výzkumné aktivity studentů doktorských a magisterských studijních programů ve spolupráci s akademickými pracovníky.



## **Obsah**

<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZNAČEK .....</b>	<b>8</b>
<b>ÚVOD .....</b>	<b>10</b>
<b>1. REŠERŠE STÁVÁJÍCÍHO STAVU VÝROBY OZUBENÍ ODVALOVACÍM ZPŮSOBEM... 11</b>	<b>11</b>
1.1 Výroba čelního ozubení odvalovacím způsobem .....	11
1.2 Dokončování ozubení broušením odvalovacím způsobem .....	16
1.3 Další způsoby výroby ozubení.....	17
<b>2. NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU VÝROBY ZADANÉ SOUČÁSTI .....</b>	<b>20</b>
2.1 Představení podniku .....	20
2.2 Výrobek .....	20
2.3 Materiál výrobku.....	21
2.4 Polotovary.....	21
2.5 Použité stroje při výrobě součásti.....	22
2.6 Nástroje použité při výrobě součásti .....	26
2.7 Měřidla použita pro kontrolu rozměrů součásti.....	36
2.8 Obecný postup výroby součásti .....	37
2.9 Návrh technologického postupu výroby.....	38
<b>3. TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....</b>	<b>53</b>
<b>4. ZÁVĚR.....</b>	<b>59</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>60</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>63</b>
<b>SEZNAM CITOVANÉ LITERATURY .....</b>	<b>63</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>66</b>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZNAČEK**

<b>Značení</b>	<b>Význam</b>	<b>Jednotka</b>
A	Tažnost	[%]
A <sub>c1</sub>	Překrystalizační teplota	[°C]
A <sub>c3</sub>	Překrystalizační teplota	[°C]
β <sub>0</sub>	Sklon zubů	[°]
ČSN	Česká státní norma	[ - ]
d	Délka VBD	[mm]
d <sub>1</sub>	Upínací průměr VBD	[mm]
d <sub>h6</sub>	Upínací průměr stopkového nástroje	[mm]
DIN	Německá norma	[ - ]
HRC	Tvrdost dle Rockwella	[ - ]
ISO	Mezinárodní norma	[ - ]
KCU	Nárazová práce	[J·cm <sup>-2</sup> ]
IT	Stupeň přesnosti	[ - ]
f <sub>a</sub>	Axiální posuv na otáčku	[mm]
f <sub>R</sub>	Radiální posuv na otáčku	[mm]
f <sub>r</sub>	Přísuv	[mm]
h	Výška nástroje	[mm]
l	Šířka VBD	[mm]
L	Délka nástroje	[mm]
n <sub>n</sub>	Otáčky nástroje	[min <sup>-1</sup> ]
n <sub>0</sub>	Otáčky obrobku	[min <sup>-1</sup> ]
η	Úhel sklonu nástroje	[°]
r <sub>ε</sub>	Rádus špičky	[mm]
R <sub>m</sub>	Mez pevnosti	[MPa]
R <sub>p 0,2</sub>	Smluvní mez kluzu	[MPa]
s	Výška VBD	[mm]
s <sub>z</sub>	Výška záběru	[mm]
v <sub>c</sub>	Řezná rychlost	[m·min <sup>-1</sup> ]





<b>Značení</b>	<b>Význam</b>	<b>Jednotka</b>
$v_z$	Zpětná rychlost	$[\text{m} \cdot \text{min}^{-1}]$
$\omega$	Úhel stoupání frézy	$[\circ]$
$z$	Počet chodů frézy	$[-]$
$z_o$	Počet zubů kola	$[-]$
$Z$	Kontrakce	$[\%]$



## ÚVOD

V této diplomové práci je navržen kompletní výrobní postup součásti. Jedná se o čelní ozubené kolo vyrobené dle požadavků pro společnost Gmeinder Getriebe - und Maschinenfabrik GmbH. Německá společnost sídlící v Mosbachu se zabývá vývojem, konstrukcí a výrobou kolových souprav s převodovkami pro kolejová vozidla. Tato diplomová práce vznikla ve spolupráci s firmou Novogear spol. s r.o., kde se také uskutečnila samotná výroba součásti. Cílem této práce je navržení nového kompletního postupu výroby součásti dle požadavků zákazníka a následná výroba součásti.

V první části práce je teoreticky popsána výroba ozubení odvalovacím způsobem, jak hrubovací, tak i dokončovací operace. V druhé části práce se nacházejí informace o výrobku, použitém materiálu a polotovaru, ze kterého je součást vyrobena. Poté následuje podrobný soupis všech použitých strojů, nástrojů a měřidel. V třetí části práce je popsán technologický postup výroby součásti, tedy jaké stroje, nástroje a měřidla jsou použity u dané operace, řezné podmínky u obráběcích operací a celkový postup realizace dané operace. Ve čtvrté, poslední části práce, se nachází technicko-ekonomické zhodnocení celé výroby.

Daný technologický postup byl použit výrobě, kdy podle něj proběhla výroba 4 kusů výrobku.

## 1. REŠERŠE STÁVÁJÍCÍHO STAVU VÝROBY OZUBENÍ ODVALOVACÍM ZPŮSOBEM

Samotná výroba čelního ozubení patří mezi nejsložitější operace v oblasti obrábění. Je známo několik třískových metod výroby ozubení, které se od sebe liší produktivitou, přesností a také náklady na výrobu. Mimo tyto metody je možné využít také metody netřískové. Jedná se například o vystříhávání, vyřezávání pomocí vodního paprsku či pomocí drátové řezačky. Za pomoci těchto metod lze vyrábět ozubená kola z tenkých plechů.

### 1.1 Výroba čelního ozubení odvalovacím způsobem

Odvalovací frézování je již řadu desetiletí nejproduktivnější metodou pro výrobu ozubení. Díky plynulému záběru mezi nástrojem a obrobkem nevznikají žádné prostoje zaviněné přejezdem nástroje nebo otáčením kola. Odvalovací fréza a ozubené kolo tvoří šnekové soukolí, neboť se jedná v podstatě o totožný pohyb jako u klasického šnekového soukolí. Během frézování koná fréza otáčivý hlavní řezný pohyb a zároveň se posouvá rovnoběžně s osou obrobku. Aby docházelo ke správně kinematice pohybu, musí se fréza otočit o jednu otáčku a obrobek se musí zároveň otočit o jeden zub. Jinak by nedošlo k vytvoření správného profilu ozubení.

Kinematika řezného pohybu vychází z podmínky:  $\frac{n_o}{n} = \frac{z}{z_o} [-]$

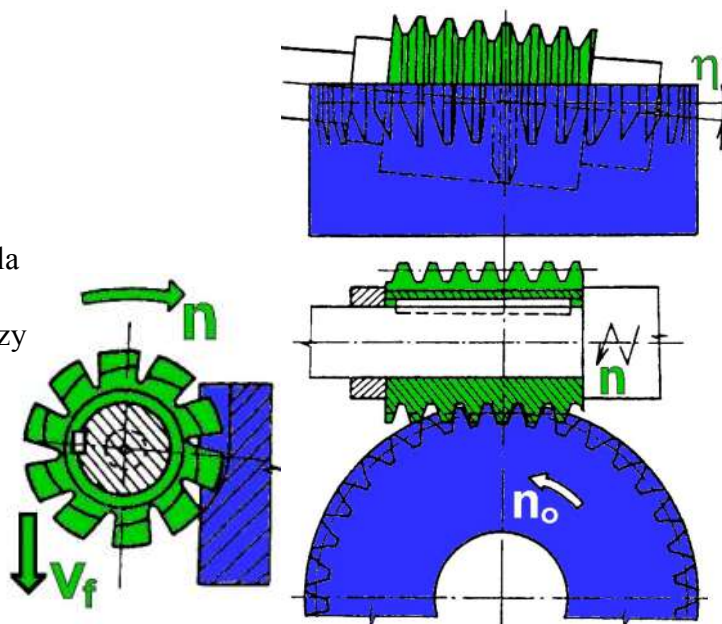
kde:

$n_o$  jsou otáčky obráběného kola

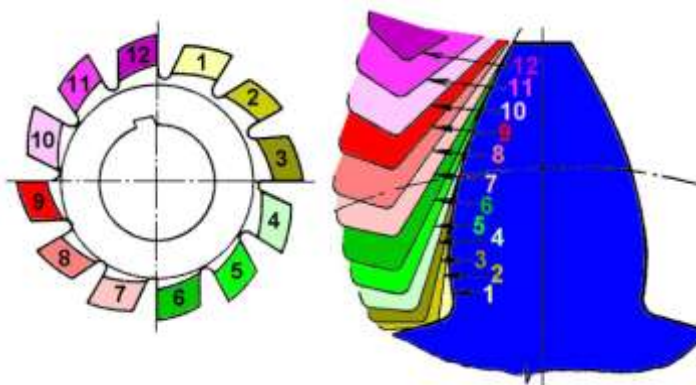
$n$  jsou otáčky odvalovací frézy

$z_o$  je počet zubů obráběného kola

$z$  je počet chodů odvalovací frézy



Obr. 1. Kinematika pohybu odvalovacího frézování [1]



Obr. 2. Princip vytvoření evolventy [1]

Vzhledem ke skutečnosti, že břity na nástroji jsou uspořádány ve šroubovici, která má určité stoupání a s tím spojený i úhel stoupání, je nutné, aby byl nástroj při tvorbě přímého ozubení vykloněn právě o tento úhel. Pokud je vyráběno ozubení šikmé, je nutné brát v potaz úhel sklonu zubů. Úhel zubů je následně přičten, nebo odečten od úhlu stoupání frézy.

	Fréza pravochoďá	Fréza levochoďá
Frézování nesousledné	Ozubené kolo s přímými zuby	
	Ozubené kolo se šikmými zuby	
	<div>pravochoďé</div> <div>levochoďé</div>	<div>pravochoďé</div> <div>levochoďé</div>
Frézování sousledné	Ozubené kolo s přímými zuby	
	Ozubené kolo se šikmými zuby	
	<div>pravochoďé</div> <div>levochoďé</div>	<div>pravochoďé</div> <div>levochoďé</div>

Obr. 3. Úhel nastavení nástroje [1]

Jako u klasického frézování, i u této metody se vyskytuje přerušovaný řez a tříska má nerovnoměrnou tloušťku během záběru frézy, což v určitých případech, kdy je vyráběno ozubení většího modulu, vyžaduje výbornou tuhost stroje a zároveň vyžaduje dobrou absorpci vibrací.



Obr. 4. Praktická ukázka odvalovacího frézování [2]

## **Nástroj**

Základní rozdělení fréz lze provést dle jejich konstrukce. Odvalovací frézování se dělí na 2 hlavní skupiny, a to na frézy monolitní a frézy s vyměnitelnými tělisky, které se dále dělí na frézy s vyměnitelnými destičkami a frézy s vyměnitelnými hřebeny.

Všechny odvalovací frézy mají jedno společné, a to že na jejich obvodu se nachází šroubovice, která je přerušena řeznými drážkami. Každý vytvořený zub tedy má své ostří, před kterým se zároveň nachází prostor sloužící pro odvod třísek z místa řezu.

### **Monolitní frézy**

Tyto frézy, označované také jako celistvé, neobsahují žádné vyměnitelné prvky, které se při opotřebení dají vyměnit, ale zuby, ostří i tělo nástroje jsou vyrobeny ze stejného materiálu. Monolitní frézy jsou vyráběny buď z rychlořezné oceli, nebo ze slinutých karbidů a v drtivé většině jsou povlakovány velmi tvrdými vrstvami, např. na bázi TiN, TiAlN, TiCN. Velkou výhodou monolitních fréz je, že na jejich povrchu se nachází

mnohem větší množství zubů a s tím i spojených míst pro odvod třísky. Z tohoto důvodu nejsou jednotlivá ostří tolik namáhána a trvanlivost ostří se tak prodlužuje.



Obr. 5. Monolitní odvalovací fréza [3]

### **Frézy s vyměnitelnými hřebeny**

U tohoto typu fréz je těleso vyrobeno z jiného materiálu než samotné řezné části frézy, které jsou vyrobeny z podstatně dražšího materiálu než samotné tělo. Nejčastěji jsou hřebeny vyrobeny ze slinutých karbidů nebo z vysoce legovaných rychlořezných ocelí a následně povlakovány. Upevnění hřebenů je odlišné než u fréz s vyměnitelnými destičkami, které se šroubují. Hřebeny jsou do těla vlisovány za tepla a následně z obou stran přidržovány pomocí kroužků, aby nedošlo při jejich uvolnění k vypadnutí z těla frézy.



Obr. 6. Odvalovací fréza s vyměnitelnými hřebeny



## **Frézy s vyměnitelnými destičkami**

Stejně jako frézy s vyměnitelnými hřebeny nejsou monolitní, ale tělo a zuby s ostřím jsou vyrobeny z rozdílných materiálů. Tělo je vyrobené z běžné konstrukční oceli a destičky ze slinutého karbidu, které jsou následně povlakovány. Výměna destiček je v tomto případě snadnější než u hřebenů, destičky se pouze přišroubují pomocí upínky. Výhodou tohoto typu fréz je, že nemusí být broušena všechna ostří najednou, ale dojde pouze k výměně poškozených destiček, které se dají v určitých případech nabrousit a znovu použít. Naopak nevýhodou je, že se dají použít pouze pro větší moduly z důvodu konstrukčního upevnění destiček.



Obr. 7. Odvalovací fréza s vyměnitelnými destičkami [4]

## **Loupací frézování ozubených kol**

Jedná se o dokončovací metodu výroby kalených ozubených kol. Svou kinematikou pohybu se nijak neliší od klasického odvalovacího způsobu výroby ozubených kol. V čem se však liší, je materiál a geometrie odvalovací frézy a také se liší řeznými podmínkami. Velkou nevýhodou u této metody je vysoký požadavek na odolnost nástroje. V současné době se odvalovací frézy vyrábějí z jemnozrnných slinutých karbidů a následně je aplikován povlak, který však zatím nedosahuje takových výsledků, aby nástroj odolával po delší dobu. I díky těmto skutečnostem je tvrdost obráběného materiálu maximálně 800 HV.

Samotná geometrie frézy se liší v úhlu čela. Pro loupací frézování je použita negativní geometrie čela, která zajistí „loupací“ efekt při obrábění.

## 1.2 Dokončování ozubení broušením odvalovacím způsobem

Tento způsob je velice podobný technologii výroby ozubení odvalovacím frézováním. Dochází k plynulému odvalu třísek z prostoru zubové mezery. Pohyb mezi obrobkem a nástrojem můžeme popsat jako pohyb šnekového soukolí. Nástroj se otáčí kolem své osy řeznou rychlostí a postupně se pohybuje po celé šířce ozubení. Obrobek se také otáčí kolem své osy tak, že se pootočí o jednu zubovou rozteč za jednu otáčku nástroje.

Nutnou podmínkou u této metody je 100 % synchronizace pohybu mezi obrobkem a nástrojem, jinak by nedocházelo ke správnému úběru materiálu a došlo by tak k znehodnocení tvaru zubu, a tím i celého ozubeného kola. Tato metoda dokončování ozubení je velice náročná na seřízení stroje, ale poskytuje velice přesnou a produktivní výrobu.



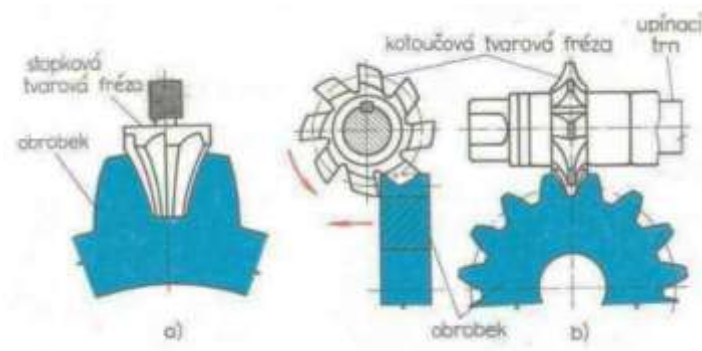
Obr. 8. Praktická ukázka broušení odvalovacím způsobem [5]



### 1.3 Další způsoby výroby ozubení

#### Hrubovací operace

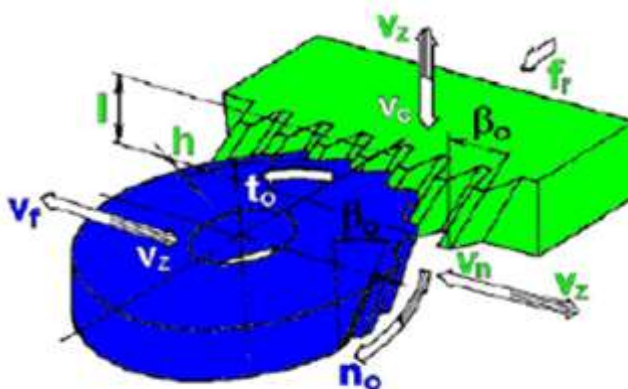
- frézování dělicím způsobem pomocí kotoučové nebo čepové frézy



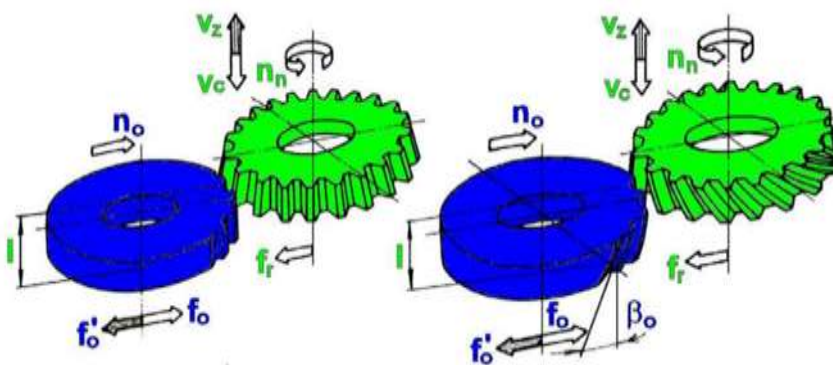
Obr. 9. Výroba ozubení dělicím způsobem [1]

- obrážení: - hřebenovým nožem - metoda MAAG

- kotoučovým nožem - metoda FELLOWS

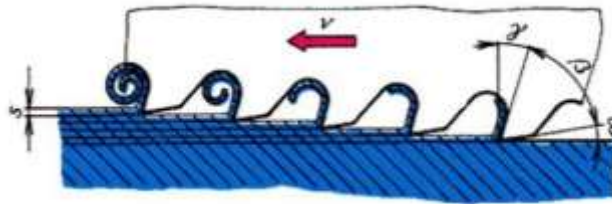


Obr. 10. Výroba ozubení hřebenovým nožem [1]



Obr. 11. Výroba ozubení kotoučovým nožem [1]

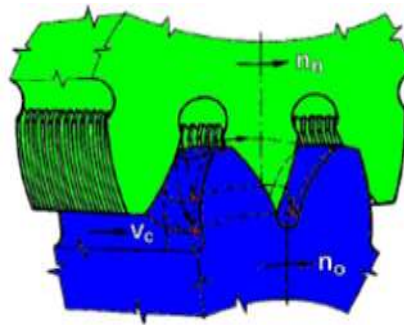
- **protahování** protahovacím trnem



Obr. 12. Výroba ozubení protahováním [1]

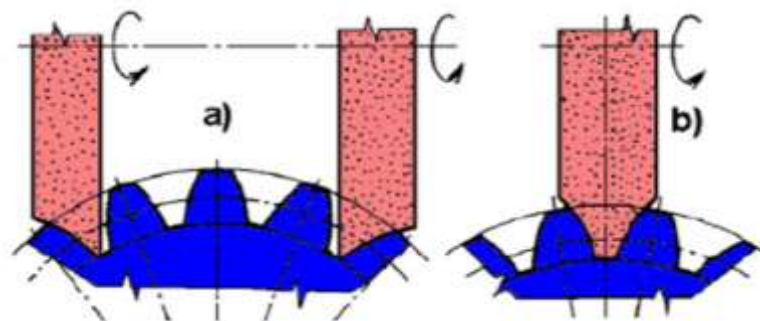
## Dokončovací operace

- **ševingování**



Obr. 13. Dokončování ozubení - ševingování. [1]

- **broušení**: - dělicím způsobem - jedním, dvěma kotouči



Obr. 14. Dokončování ozubení - broušení dělicím způsobem [1]

a) broušení dvěma kotouči, b) broušení jedním kotoučem

- honování



Obr. 15. Dokončování ozubení - honování [6]

- lapování



Obr. 16. Dokončování ozubení - lapování. [7]

## **2. NÁVRH TECHNOLOGICKÉHO POSTUPU VÝROBY ZADANÉ SOUČÁSTI**

### **2.1 Představení podniku**

Firma Novogear je dceřinou společností Humbel Gear Technology. Tato společnost je tvořena čtyřmi firmami sídlícími ve Švýcarsku, České republice, Německu a Rumunsku. V roce 1928 založil W. Humbel svou rodinnou firmu Zahnradfabrik, ve které byl používán pouze jeden jediný stroj na výrobu ozubení. V průběhu téměř tři čtvrtě století se původně malá rodinná firma rozrůstá natolik, že v roce 1993 dochází k otevření nové firmy Novogear Technologies v České republice. Za 8 let v roce 2001 je otevřen další výrobní závod v Rumunsku. Za několik let úspěšného chodu společnosti dochází v roce 2011 k otevření další obchodní společnosti v Německu.

Samotná firma Novogear spol. s.r.o. sídlí ve Frýdku-Místku. Patří k největším výrobcům ozubených kol, součástí převodovek a dalších strojních součástí v regionu Severní Moravy. Produkce je ze 70 % tvořena exportními dodávkami pro mateřskou firmu HUMBEL ZAHNRÄDER AG, zbytek je dodáván klientům v celé Evropě. V současné době firma zaměstnává 160 zaměstnanců, kteří jsou permanentně školeni a motivováni k dosahování maximální kvality a produktivity výroby. Díky těmto předpokladům a modernímu strojnímu parku jsou schopni realizovat dodávky celého spektra strojních součástí dle přání zákazníka.

### **2.2 Výrobek**

Vyráběnou součástí je ozubené kolo s vnějším čelním ozubením. Samotné kolo má průměr 791,8 mm, šířku 136 mm a 110 zubů o modulu 7 skloněných pod úhlem 20°. Materiál použitý na výrobu kola je středně legovaná ocel 18CrNiMo7-6, tedy ocel určená pro další tepelné zpracování pro zvýšení tvrdosti a pevnosti výrobku. Kolo vyrobené pro společnost Gmeinder Getriebe bude osazeno v převodové jednotce pro osobní vlak. Celkem budou vyrobeny 4 kusy.



Obr. 17. 3D model výrobku

## 2.3 Materiál výrobku

Přehled vlastností oceli 18CrNiMo7-6										1.6587		
Druh oceli	Středně legovaná utělečtělá chrom-nikl-molybdenová ocel k cementování											
TDP	ČSN EN 10084											
Drivější označení	17CrNiMo8 podle DIN 17210											
Charakteristika	Velmi namáhané strojní součásti s cementovaným povrchem . Cementovaná vrstva po tepelném zpracování dosahuje na povrchu tvrdosti 62 až 64 HRC, zatímco jádro cementované součásti je i při relativně vysoké pevnosti značně houževnaté. Přísada Mo zvyšuje prokaltitelnost. Ocel prokaltuje do hloubky přibližně 80 mm. Je vhodná pro dynamicky namáhané součásti.											
Chemické složení v % hmot. (rozbor tavby )	C	Si max.	Mn	P max.	S max.	Cr	Mo	Ni	Al			
	0,15 - 0,21	0,40	0,50 – 0,90	0,035	0,035	1,50 – 1,80	0,25 – 0,35	1,40 – 1,70	Při kontrolované velikosti austenitického zrna 0,015-0,050 (informativně není uvedeno v normě).			
Dovolené odchylky ve výrobku od rozboru tavby <sup>1)</sup>	± 0,02	+ 0,03	± 0,04	+ 0,005	+ 0,005	± 0,05	± 0,03 <sub>Si</sub>	± 0,05				
Mechanické vlastnosti v jádře referenčního vzorku po kalení a popouštění při 150-200 °C (uvedené hodnoty nejsou součástí EN 10084) <sup>1)</sup>	Průměr mm		Rp0,2 min MPa		Rm MPa		A min %		Z min %		KCU min J.cm <sup>-2</sup>	
	d ≤ 11		980		1230 – 1520		9		-		30	
	11< d ≤ 25		735		980 – 1320		9		-		35	
	25 < d ≤ 50		640		885 - 1080		10		-		35	
	50 < d ≤ 100		490		685 - 980		11		-		35	

Pásky prokaltitelnosti

Vzdálenost od kaleného čela v mm

Popouštěcí křivka (referenční vzorek průměr 10 mm)

Teplota popouštění st. C

Technologické vlastnosti									
Tváření za tepla	Doporučené rozmezí teplot pro tváření za tepla : 1100 až 900 °C								
	Normalizační žhání °C	Žhání na měkko °C	Isotermické žhání °C	Teplota cementace °C	Teplota kalení na jádro °C <sup>2)</sup>	Teplota kalení na vrstvu °C <sup>2)</sup>	Teplota popouštění °C <sup>3)</sup>	Teplota kalení pro Jominyho zkoušku °C	
	850	800 až 680	850 až 950 640 - 3 hod.	880 až 980	830 – 870 olej	780 až 820 olej	150 až 200	880 ( prodlévá ca 0,5 h )	
Tepelné zpracování	Body přeměny: Ac <sub>1</sub> – 735°C, Ac <sub>3</sub> – 810°C, Ms (základní materiál) – 360°C, Ms ( cementovaná vrstva ) – 180°C								
	Uvedené podmínky jsou doporučené.								
	<sup>2)</sup> při jednoduchém kalení se ocel kálí z teploty cementace nebo nižší (závisí na tvaru výrobku).								
	<sup>3)</sup> mimo oleje přichází v úvahu i teplá lázeň 160 až 250°C. Způsob ochlazování závisí na tvaru výrobku s ohledem na možné deformace po kalení.								
	<sup>4)</sup> doba popouštění minimálně 1 hod.								
Obrobitelnost	Pro dobrou obrobitelnost je výhodný stav FP po případě stav A								
Sřizitelnost	Ocel je sřizitelná za studena ve stavu žháněm								

Obr. 18. Přehled vlastností oceli 18CrNiMo-7-6 [8]

## 2.4 Polotovár

Výchozím polotovarem pro finální výkovek je kruhová tyč  $\varnothing$  340 mm v délce 660 mm, která je dále kována do výsledného tvaru kola s předkovanou dírou. Při kování je nutno počítat s přídavky na obrábění. Po vykování je polotovár tepelně předzušlechten při 850 °C a následně popuštěn na 800 N/mm<sup>2</sup>. Výkovek je následně hrubě předsoustružen na rozměr s přídavky pro obrábění. Rozměry polotovaru tedy jsou 798/226x146 mm. Po výstupní kontrole a vytvoření všech požadovaných dokumentů je materiál dodán do firmy Novogear.



## 2.5 Použité stroje při výrobě součástí

### Stroje pro soustružnické operace

#### MORI SEIKI SL 603

Tab. 1. Parametry a údaje o stroji

ZÁKLADNÍ ÚDAJE	
Stroj:	soustruh
Číslo:	2126
Hodinová sazba:	1198 Kč/h
MEZNÍ ROZMĚRY OBROBKU	
Max. $\varnothing$ :	900 mm
Max. délka:	2000 mm
PARAMETRY STROJE	
$\varnothing$ sklíčidla:	600 mm
$\varnothing$ dorazu	$\varnothing$ 160 mm
osa x	915 mm
osa z	2000 mm
osa y	ne
osa c	360°
Koník	ano
Počet nástrojů	12
Mimoosé vrtání	ano
Luneta	150 - 300 mm



Obr. 19. CNC soustruh MORI SEIKI SL 603 [9]

#### DMC 125 FD

Tab. 2. Parametry a údaje o stroji

ZÁKLADNÍ ÚDAJE	
Stroj:	soustruh
Číslo:	2142
Hodinová sazba:	2500 Kč/h
MEZNÍ ROZMĚRY OBROBKU	
Max. $\varnothing$ :	1250 mm
Max. délka:	700 mm
Max. hmotnost:	1600 kg
PARAMETRY STROJE	
$\varnothing$ sklíčidla:	1100 mm
osa x	1250 mm
osa z	1000 mm
osa y	950 mm
osa c	360°
Kůň	ne
Počet nástrojů	120
Mimoosé vrtání	ano



Obr. 20. CNC soustruh DMC 125 FD [10]

## Stroje pro výrobu ozubení

### Hrubování ozubení

#### Pfauter PE 600/800

Tab. 3. Parametry a údaje o stroji

ZÁKLADNÍ ÚDAJE	
Stroj:	odval. frézka
Číslo:	2301
Hodinová sazba:	1400 Kč/h
MEZNÍ ROZMĚRY OBROBKU	
Max. ø:	300 - 800 mm
Max. délka:	250 - 900 mm
Modul	3 - 12 mm



Obr. 21. Frézka Pfauter PE 600/800 [11]

### Dokončování ozubení

#### Pfauter PE 600/800G

Tab. 4. Parametry a údaje o stroji

ZÁKLADNÍ ÚDAJE	
Stroj:	bruska
Číslo:	2651
Hodinová sazba:	1800 Kč/h
obráběná plocha	boky zubů
MEZNÍ ROZMĚRY OBROBKU	
Max. ø:	35 - 800 mm
Max. délka:	180 - 800 mm
Modul	1 - 12,25 mm



Obr. 22. Bruska Pfauter PE 600/800G [12]

### Sražení hran na ozubení

#### DMC 1150V

Tab. 5. Parametry a údaje o stroji

ZÁKLADNÍ ÚDAJE	
Stroj:	centrum
Číslo:	2260
Hodinová sazba:	1150 Kč/h
MEZNÍ ROZMĚRY OBROBKU	
Max. ø:	1000 mm
Max. délka:	1200 mm
Max. hmotnost:	800 kg
X - osa	1150 mm
Y - osa	700 mm
Z - osa	500 mm



Obr. 23. Obráběcí centrum DMC 1150V [13]

## Stroje pro kontrolu součástí

### TYP STROJE: Rissprüfung

Tab. 6. Parametry a údaje o stroji

ZÁKLADNÍ ÚDAJE	
Stroj:	UV kontrola
Číslo:	2905
Hodinová sazba:	800 Kč/h
MEZNÍ ROZMĚRY OBROBKU	
Max. ø:	neomezeno
Max. délka:	neomezeno



Obr. 24. UV kontrolní přístroj

### TYP STROJE: Wenzel 3D LH1210

Tab. 7. Parametry a údaje o stroji

ZÁKLADNÍ ÚDAJE	
Stroj:	3D měření
Číslo:	2903
Hodinová sazba:	480 Kč/h
MEZNÍ ROZMĚRY OBROBKU	
Max. ø:	1200 mm
Max. délka:	2000 mm
Max. hmotnost:	8000 kg



Obr. 25. 3D měřicí stroj Wenzel 3D LH1210 [14]

### TYP STROJE: Gleason 1000 GMS

Tab. 8. Parametry a údaje o stroji

ZÁKLADNÍ ÚDAJE	
Stroj:	graf
Číslo:	2908
Hodinová sazba:	1200 Kč/h
MEZNÍ ROZMĚRY OBROBKU	
Max. ø:	950 mm
Max. délka:	1000 mm



Obr. 26. Graf Gleason 1000 GMS [15]



## Stroje pro broušení

### TYP STROJE: Kehren Ri 8-4

Tab. 9. Parametry a údaje o stroji

ZÁKLADNÍ ÚDAJE	
Stroj:	bruska/centrum
Číslo:	2610
Hodinová sazba:	2100 Kč/h
MEZNÍ ROZMĚRY OBROBKU	
Max. ø:	1200 mm
Max. délka:	650 mm
Max. hmotnost:	1000 kg



Obr. 27. Bruska Kehren Ri 8-4 [16]

## Další stroje použité při výrobě

### TYP STROJE: VIKOMT 1515 F-A

Tab. 10. Parametry a údaje o stroji

ZÁKLADNÍ ÚDAJE	
Stroj:	tryskáci kabina
Číslo:	2506
Hodinová sazba:	600 Kč/h
MEZNÍ ROZMĚRY OBROBKU	
Max. šířka:	1400 mm
Max. délka:	1400 mm
Max. hmotnost:	350 kg



Obr. 28. Tryskáci kabina Vikomt [17]

### TYP STROJE: Razička SIC C151

Tab. 11. Parametry a údaje o stroji

ZÁKLADNÍ ÚDAJE	
Stroj:	razička
Číslo:	2308
Hodinová sazba:	600 Kč/h
MEZNÍ ROZMĚRY OBROBKU	
Max. výška:	300 mm
Max. délka:	150 mm
Max. hmotnost:	- kg



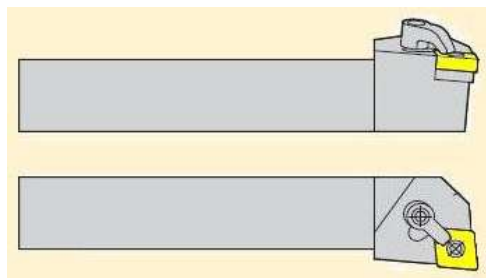
Obr. 29. Razička SIC C151 [18]

## 2.6 Nástroje použité při výrobě součásti

### Soustružnické nože

Tab. 12. Informace o noži

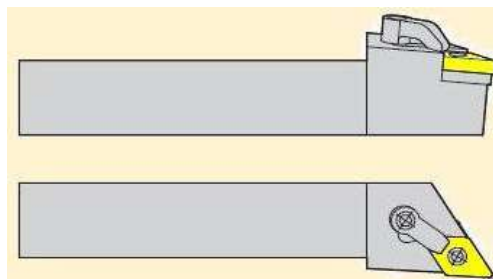
<b>Typ nože</b>	Vnější hrubovací
<b>Označení</b>	MCLNL 2525 M16 NL7
<b>Výrobce</b>	Kennametal
<b>Typ destičky</b>	C



Obr. 30. Soustružnický nůž MCLNL [19]

Tab. 13. Informace o noži

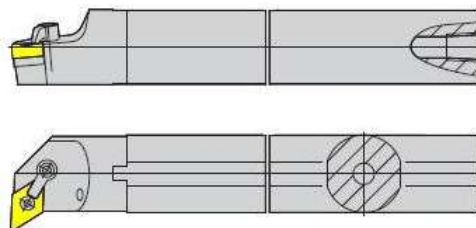
<b>Typ nože</b>	Vnější dokončovací
<b>Označení</b>	MDLNL 2525 M15 NL4
<b>Výrobce</b>	Kennametal
<b>Typ destičky</b>	D



Obr. 31. Soustružnický nůž MDJNL [19]

Tab. 14. Informace o noži

<b>Typ nože</b>	Vnitřní hrubovací
<b>Označení</b>	A50U - MDUNR NC6
<b>Výrobce</b>	Kennametal
<b>Typ destičky</b>	D



Obr. 32. Soustružnický nůž MDUNR [19]

Tab. 15. Informace o noži

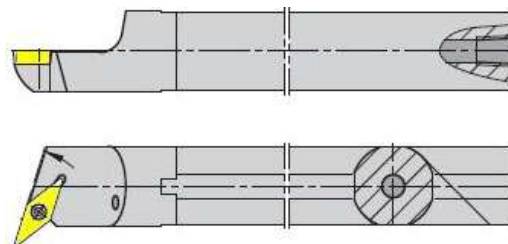
<b>Typ nože</b>	Vnější dokončovací
<b>Označení</b>	CRSNR 2525 MO9
<b>Výrobce</b>	SECO
<b>Typ destičky</b>	R



Obr. 33. Soustružnický nůž CRSNR [19]

Tab. 16. Informace o noži

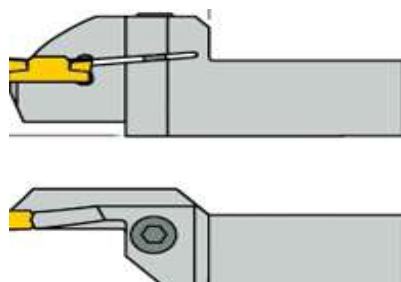
<b>Typ nože</b>	Vnitřní dokončovací
<b>Označení</b>	S32U - SVQBR16 NA2
<b>Výrobce</b>	Kennametal
<b>Typ destičky</b>	V



Obr. 34. Soustružnický nůž SVQBR [19]

Tab. 17. Informace o noži

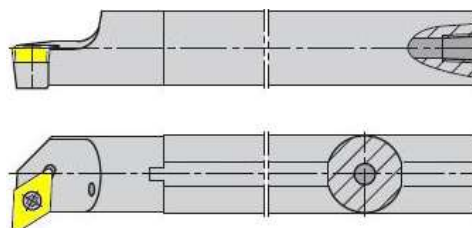
<b>Typ nože</b>	Čelní zapichovací
<b>Označení</b>	HFHR - 25 - 240 - 4T25
<b>Výrobce</b>	Iscar
<b>Typ destičky</b>	L



Obr. 35. Soustružnický nůž HFHR [20]

Tab. 18. Informace o noži

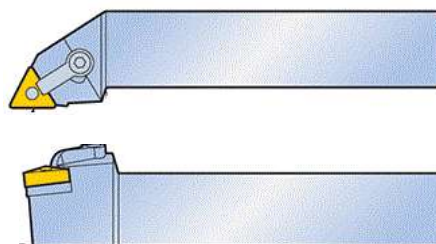
<b>Typ nože</b>	Vnitřní dokončovací
<b>Označení</b>	A25T - SDQCR11 NE2
<b>Výrobce</b>	Kennametal
<b>Typ destičky</b>	D



Obr. 36. Soustružnický nůž SDQCR [19]

Tab. 19. Informace o noži

<b>Typ nože</b>	Vnější dokončovací
<b>Označení</b>	MTJNR 2525 M16
<b>Výrobce</b>	Pramet
<b>Typ destičky</b>	T

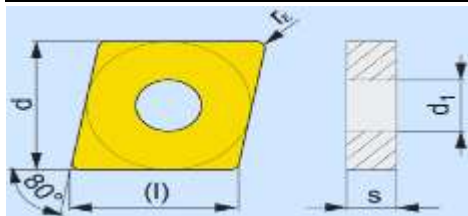


Obr. 37. Soustružnický nůž MTJNR [21]

# Vyměnitelné břitové destičky pro soustružnické operace

Tab. 20. Specifikace destičky

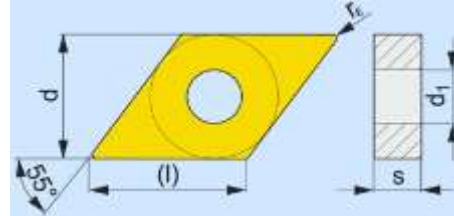
Označení	CNMG - 160612NM5
Výrobce	Walter
<b>l</b>	16,1 mm
<b>d</b>	15,875 mm
<b>d<sub>1</sub></b>	6,35 mm
<b>s</b>	6,35 mm
<b>r<sub>ε</sub></b>	1,2 mm
<b>f<sub>ot,min</sub></b>	0,25 mm
<b>f<sub>ot,max</sub></b>	0,5 mm
<b>a<sub>p min</sub></b>	1,2 mm
<b>a<sub>p max</sub></b>	5 mm
<b>Materiál</b>	WAK 10
<b>Povlak</b>	CVD - TiN
<b>v<sub>c</sub></b>	240 - 330 m·min <sup>-1</sup>



Obr. 38. Hrubovací destička CNMG [21]

Tab. 21. Specifikace destičky

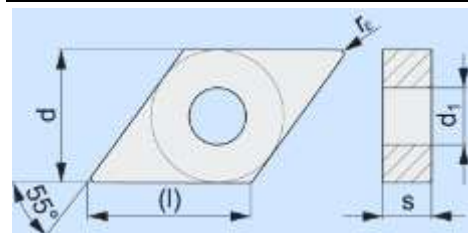
Označení	DNMG - 150616RN
Výrobce	Kennametal
<b>l</b>	15,5 mm
<b>d</b>	12,7 mm
<b>d<sub>1</sub></b>	5,16 mm
<b>s</b>	6,35 mm
<b>r<sub>ε</sub></b>	1,6 mm
<b>f<sub>ot,min</sub></b>	0,15 mm
<b>f<sub>ot,max</sub></b>	0,45 mm
<b>a<sub>p min</sub></b>	0,8 mm
<b>a<sub>p max</sub></b>	3 mm
<b>Materiál</b>	T9315
<b>Povlak</b>	CVD - TiN
<b>v<sub>c</sub></b>	205 - 270 m·min <sup>-1</sup>



Obr. 39. Hrubovací destička DNMG [21]

Tab. 22. Specifikace destičky

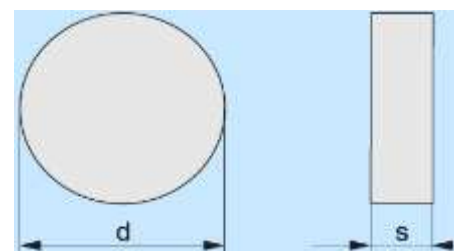
Označení	DNMA - 150612
Výrobce	Walter
<b>l</b>	15,5 mm
<b>d</b>	12,7 mm
<b>s</b>	6,35 mm
<b>r<sub>ε</sub></b>	1,2 mm
<b>f<sub>ot,min</sub></b>	0,1 mm
<b>f<sub>ot,max</sub></b>	0,72 mm
<b>a<sub>p min</sub></b>	1,2 mm
<b>a<sub>p max</sub></b>	3,9 mm
<b>Materiál</b>	T9315
<b>Povlak</b>	CVD - TiN
<b>v<sub>c</sub></b>	150 - 230 m·min <sup>-1</sup>



Obr. 40. Hrubovací destička DNMA [21]

Tab. 23. Specifikace destičky

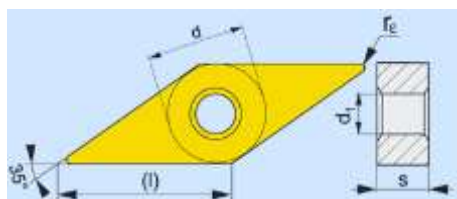
Označení	RNGN - 090300 CBN
Výrobce	Sumitomo
<b>d</b>	9,525 mm
<b>s</b>	3,19 mm
<b>r<sub>ε</sub></b>	0 mm
<b>f<sub>ot,min</sub></b>	0,15 mm
<b>f<sub>ot,max</sub></b>	0,6 mm
<b>a<sub>p min</sub></b>	0,4 mm
<b>a<sub>p max</sub></b>	2,6 mm
<b>Materiál</b>	CBN
<b>v<sub>c</sub></b>	300 - 415 m·min <sup>-1</sup>



Obr. 41. Dokončovací estička RNGN [21]

Tab. 24. Specifikace destičky

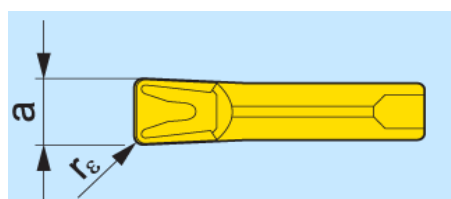
Označení	VNMG - 160408E - M
Výrobce	Pramet
l	16,5 mm
d	9,525 mm
d <sub>1</sub>	3,81 mm
s	4,76 mm
r <sub>ε</sub>	0,8 mm
f <sub>ot,min</sub>	0,15 mm
f <sub>ot,max</sub>	0,4 mm
a <sub>p min</sub>	0,8 mm
a <sub>p max</sub>	3 mm
Materiál	T9315
Povlak	CVD - TiN
v <sub>c</sub>	165 - 235 m·min <sup>-1</sup>



Obr. 42. Dokončovací destička VNMG [21]

Tab. 25. Specifikace destičky

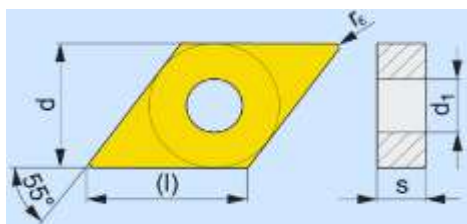
Označení	LCMR - 130304 - 0300
Výrobce	Seco
l	12,6 mm
a	3 mm
r <sub>ε</sub>	0,4 mm
f <sub>ot,min</sub>	0,05 mm
f <sub>ot,max</sub>	0,3 mm
a <sub>p min</sub>	0,8 mm
a <sub>p max</sub>	3 mm
Materiál	T8330
Povlak	CVD - TiN
v <sub>c</sub>	100 - 175 m·min <sup>-1</sup>



Obr. 43. Zapichovací estička LCMR [21]

Tab. 26. Specifikace destičky

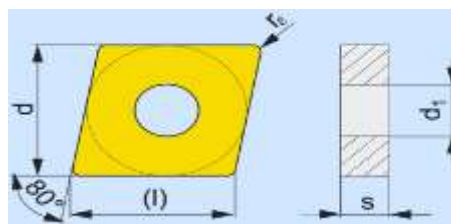
Označení	DCMT - 11T304 - UR
Výrobce	Seco
l	11,6 mm
d	9,525 mm
d <sub>1</sub>	4,4 mm
s	3,97 mm
r <sub>ε</sub>	0,4 mm
f <sub>ot,min</sub>	0,05 mm
f <sub>ot,max</sub>	0,15 mm
a <sub>p min</sub>	0,4 mm
a <sub>p max</sub>	2 mm
Materiál	T8330
Povlak	CVD - TiN
v <sub>c</sub>	100 - 160 m·min <sup>-1</sup>



Obr. 44. Dokončovací destička DCMT [21]

Tab. 27. Specifikace destičky

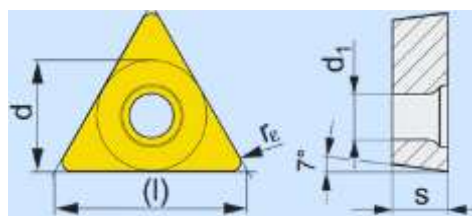
Označení	CNMG - 160612E - R
Výrobce	Pramet
l	16,1 mm
d	15,875 mm
d <sub>1</sub>	6,35 mm
s	6,35 mm
r <sub>ε</sub>	1,2 mm
f <sub>ot,min</sub>	0,25 mm
f <sub>ot,max</sub>	0,5 mm
a <sub>p min</sub>	1,2 mm
a <sub>p max</sub>	5 mm
Materiál	T9315
Povlak	CVD - TiN
v <sub>c</sub>	210 - 280 m·min <sup>-1</sup>



Obr. 45. Hrubovací destička CNMG [21]

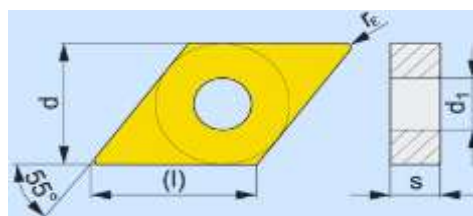
Tab. 28. Specifikace destičky

<b>Označení</b>	TNMG - 160408FW
<b>Výrobce</b>	Kennametal
<b>l</b>	16,5 mm
<b>d</b>	9,525 mm
<b>d<sub>1</sub></b>	3,81 mm
<b>s</b>	4,76 mm
<b>r<sub>ε</sub></b>	0,8 mm
<b>f<sub>ot,min</sub></b>	0,15 mm
<b>f<sub>ot,max</sub></b>	0,45 mm
<b>a<sub>p min</sub></b>	0,8 mm
<b>a<sub>p max</sub></b>	3 mm
<b>Materiál</b>	KC9110
<b>Povlak</b>	CVD - TiN
<b>v<sub>c</sub></b>	210 - 325 m·min <sup>-1</sup>



Tab. 29. Specifikace destičky

<b>Označení</b>	DCMT - 11T308E -UR
<b>Výrobce</b>	Pramet
<b>l</b>	11,6 mm
<b>d</b>	9,525 mm
<b>d<sub>1</sub></b>	4,4 mm
<b>s</b>	3,97 mm
<b>r<sub>ε</sub></b>	0,8 mm
<b>f<sub>ot,min</sub></b>	0,08 mm
<b>f<sub>ot,max</sub></b>	0,30 mm
<b>a<sub>p min</sub></b>	0,8 mm
<b>a<sub>p max</sub></b>	2 mm
<b>Materiál</b>	T8330
<b>Povlak</b>	CVD - TiN
<b>v<sub>c</sub></b>	100 - 175 m·min <sup>-1</sup>



Obr. 46. Dokončovací destička TNMG [21] Obr. 47. Dokončovací destička DCMT [21]

## Nástroje pro výrobu ozubení

### Odvalovací fréza Sandvik CoroMill 176

Tab. 30. Specifikace frézy

<b>Výrobce</b>	SANDVIK
<b>Označení</b>	Special CoroMill 176
<b>Počet zubů</b>	112
<b>Počet řad</b>	14
<b>Modul</b>	7
<b>ø frézy</b>	150 mm
<b>Délka frézy</b>	209 mm
<b>Délka ozubení</b>	174,11 mm
<b>Počet chodů</b>	1
<b>Orientace</b>	levá
<b>Úhel sklonu zubů</b>	3,06°
<b>Povlak</b>	CVD - TiN
<b>Materiál VBD</b>	Slinutý karbid



Obr. 48. Sandvik CoroMill 176 [22]



<b>Výrobce</b>	3M
<b>Označení</b>	Cubitron II 99DA
<b>Rozměry</b>	400 x 60 x 127
<b>Modul</b>	7
<b>Řezná rychlost</b>	110 m·min <sup>-1</sup>
<b>Posuv</b>	3,5 m·min <sup>-1</sup>



<b>Výrobce</b>	Holox
<b>Označení</b>	208121
<b>Materiál</b>	SK
<b>Povlak</b>	TiAlN
<b>Úhel</b>	90°
<b>Průměr</b>	6 mm
<b>Délka</b>	50 mm



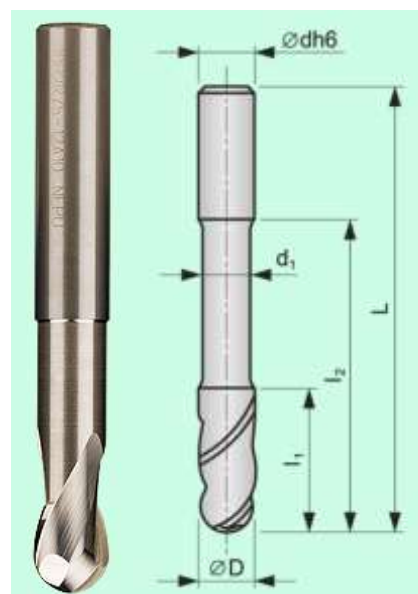
31

## Další nástroje použité při výrobě součásti

### Kulová fréza 16 mm

Tab. 33. Specifikace frézy

Výrobce	SECO
Označení	4706740
D	16 mm
Z	2 mm
dh6	16 mm
L	100 mm
l <sub>1</sub>	32 mm
l <sub>2</sub>	75 mm
d <sub>1</sub>	16 mm
f <sub>zub,min</sub>	0,08 mm
f <sub>zub,max</sub>	0,12 mm
a <sub>p min</sub>	0,05 mm
a <sub>p max</sub>	0,1 mm
Materiál	SK
Povlak	TiSiN
v <sub>c</sub>	800 - 900 m·min <sup>-1</sup>

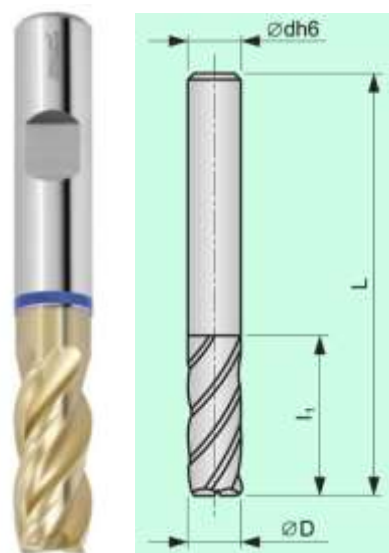


Obr. 52. Kulová fréza 16 mm [25]

### Fréza 8 mm

Tab. 34. Specifikace frézy

Výrobce	Horex
Označení	203014
D	8 mm
Z	4 mm
dh6	8 mm
L	64 mm
l <sub>1</sub>	20 mm
f <sub>zub,min</sub>	0,05 mm
f <sub>zub,max</sub>	0,1 mm
a <sub>p min</sub>	6 mm
a <sub>p max</sub>	10 mm
Materiál	SK
Povlak	TiSiN
v <sub>c</sub>	2500 - 2750 m·min <sup>-1</sup>



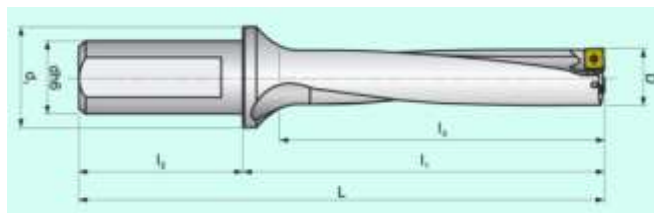
Obr. 53. Fréza 8 mm [26]



## Vrták s VBD 23 mm

Tab. 35. Specifikace vrtáku

<b>Výrobce</b>	SECO
<b>Označení</b>	SD505-23-115-25R7
<b>D</b>	23 mm
<b>h</b>	115 mm
<b>L</b>	196 mm
<b>l<sub>1</sub></b>	140 mm
<b>l<sub>2</sub></b>	56 mm
<b>l<sub>3</sub></b>	121,5 mm
<b>d<sub>h6</sub></b>	25 mm
<b>d<sub>1</sub></b>	35 mm
<b>f<sub>ot,min</sub></b>	0,05 mm
<b>f<sub>ot,max</sub></b>	0,08 mm
<b>v<sub>c</sub></b>	180 - 220 m·min <sup>-1</sup>
<b>VBD</b>	XPET 0703AP, SCET 070308 - UD

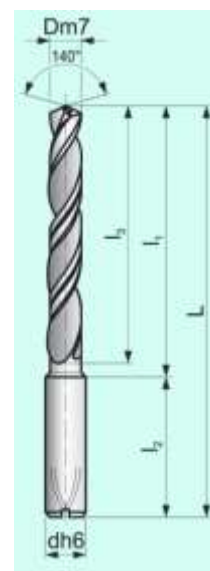


Obr. 54. Vrták s VBD 23 mm [27]

## Karbidový vrták 10,3 mm

Tab. 36. Specifikace vrtáku

<b>Výrobce</b>	Walter
<b>Označení</b>	B977A10300
<b>D<sub>m7</sub></b>	11,2 mm
<b>h</b>	96 mm
<b>L</b>	163 mm
<b>l<sub>1</sub></b>	118 mm
<b>l<sub>2</sub></b>	45 mm
<b>l<sub>3</sub></b>	114 mm
<b>d<sub>h6</sub></b>	12 mm
<b>f<sub>ot,min</sub></b>	0,15 mm
<b>f<sub>ot,max</sub></b>	0,25 mm
<b>Materiál</b>	KC7315
<b>Povlak</b>	TiSiN
<b>v<sub>c</sub></b>	80 - 120 m·min <sup>-1</sup>



Obr. 55. Karbidový vrták 10,3 mm [28]

## Karbidový vrták 11,2 mm

Tab. 37. Specifikace vrtáku

Výrobce	Walter
Označení	TITEX - A6485TFT
D <sub>m7</sub>	11,8 mm
h	96 mm
L	163 mm
l <sub>1</sub>	118 mm
l <sub>2</sub>	45 mm
l <sub>3</sub>	114 mm
d <sub>h6</sub>	12 mm
f <sub>ot,min</sub>	0,2 mm
f <sub>ot,max</sub>	0,3 mm
Materiál	KC7315
Povlak	TiSiN
v <sub>c</sub>	80 - 120 m·min <sup>-1</sup>

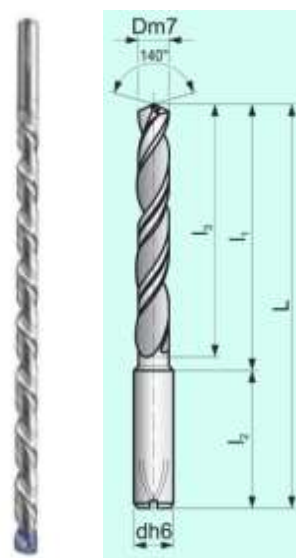


Obr. 56. Karbidový vrták 11,8 mm [29]

## Karbidový vrták 4 mm

Tab. 38. Specifikace vrtáku

Výrobce	Walter
Označení	TITEX - A6785TFP - 4
D <sub>m7</sub>	4 mm
h	38 mm
L	115 mm
l <sub>1</sub>	82 mm
l <sub>2</sub>	33 mm
l <sub>3</sub>	80 mm
d <sub>h6</sub>	6 mm
f <sub>ot,min</sub>	0,08 mm
f <sub>ot,max</sub>	0,15 mm
Materiál	KC7315
Povlak	TiSiN
v <sub>c</sub>	80 - 120 m·min <sup>-1</sup>



Obr. 57. Karbidový vrták 4 mm [30]

## Fréza pro srážení hran

Tab. 39. Specifikace frézy

Výrobce	Horex	Guehring
Označení	208121	79878
Materiál	SK	SK
Povlak	TiAlN	TiAlN
Úhel	90°	120°
Průměr	6 mm	10 mm
Délka	50 mm	50 mm



Obr. 58. Srážecí hran 90°, 120° [24]

### Tvářecí závitník M12

Tab. 40. Specifikace závitníku [x]

Průměr $d_1$	M12
Stoupání	1,5 mm
Celková délka	90 mm
Délka tvářecí části	25 mm
Průměr stopky	12 mm
Materiál	HSS - Co PM
Povlak	TiCN
$v_c$	4-8 m·min <sup>-1</sup>

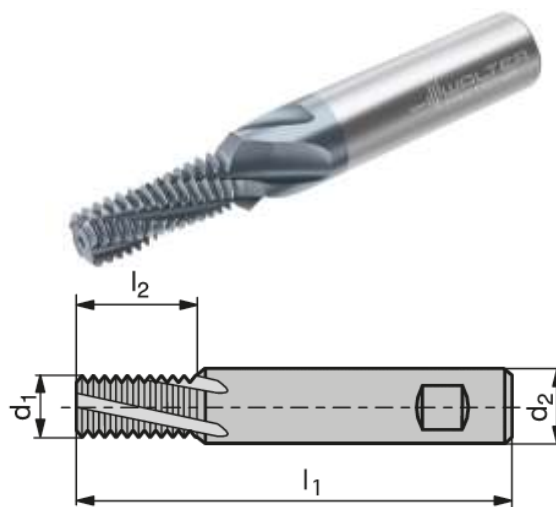


Obr. 59. Tvářecí závitník M12 [31]

### Závitová fréza G1/4

Tab. 41. Specifikace frézy

Výrobce	Walter
Označení	TC610-G1/4-W1-WJ30RC
$d_1$	4,7 mm
$d_2$	8 mm
$l_1$	62 mm
$l_2$	14 mm
$f_{zub,min}$	0,05 mm
$f_{zub,max}$	0,1 mm
Materiál	KC7315
Povlak	TiAlN
$v_c$	60-100 m·min <sup>-1</sup>



Obr. 60. Závitová fréza G1/4 [32]

### Broušení součásti

#### Ploché kotouč 3M Cubitron II

Tab. 42. Specifikace kotouče

Výrobce	3M
Označení	Cubitron II T5NSP
Rozměry	400 x 60 x 127
Řezná rychlost	110 m·min <sup>-1</sup>
Posuv	3,5 m·min <sup>-1</sup>



Obr. 61. Ploché brusný kotouč [33]

#### Hrncovitý brusný kotouč 3M Cubitron II

Tab. 43. Specifikace kotouče

Výrobce	3M
Označení	Cubitron II T5150
Rozměry	150 x 150 x 32
Řezná rychlost	90 m·min <sup>-1</sup>
Posuv	3 m·min <sup>-1</sup>



Obr. 62. Hrncovitý brusný kotouč [34]



## 2.7 Měřidla použita pro kontrolu rozměrů součástí

### Posuvná měřidla

Tab. 44. Informace o měřidlech

Typ	Posuvné měřítko	Posuvné měřítko	Posuvné měřítko
Výrobce	Mitutoyo	Mitutoyo	Mitutoyo
Rozsah	0 - 150 mm	0 - 500 mm	0 - 1000 mm
Přesnost	0,01 mm	0,01 mm	0,01 mm

### Dutinoměr

Tab. 45. Informace o měřidle

Typ	Dutinoměr třídotekový
Výrobce	Microtest
Rozsah	240 - 400 mm
Přesnost	0,001 mm

### Mikrometry

Tab. 46. Informace o měřidle

Typ	Třmenový mikrometr
Výrobce	Atorn
Rozsah	125 - 150 mm
Přesnost	0,01 mm

Tab. 47. Informace o měřidle

Typ	Talířkový mikrometr
Výrobce	HHW
Rozsah	250 - 300 mm
Přesnost	0,005 mm

### Hloubkoměr

Tab. 48. Informace o měřidle

Typ	Hloubkoměr
Výrobce	HOMMEL
Rozsah	0 - 150 mm
Přesnost	0,02 mm

### Závitový kalibr

Tab. 49. Informace o měřidle

Typ	Závitový kalibr	Závitový kalibr
Výrobce	HHW	HHW
Rozměr	M12	G1/4

### Číselníkový úchylkoměr

Tab. 50. Informace o měřidle

Výrobce	HHW
Typ	Číselníkový úchylkoměr
Ukazatel	0,01 mm
Rozsah měření	10 mm
1 otočení ukazatele	1 mm
Dělení číselníku	0 - 100



## **2.8 Obecný postup výroby součásti**

**Výrobek:** Ozubené kolo, viz výkresová dokumentace

**Počet vyráběných kusů:** 4

**Zákazník:** Gmeinder Getriebe - und Maschinenfabrik GmbH

- 1) Vykování výkovku
- 2) Předsoustružení polotovaru
- 3) Předzušlechtění polotovaru
- 4) Soustružení s přídavky před zušlechtěním materiálu
- 5) Hrubovací frézování ozubení
- 6) Sražení hrany na ozubení
- 7) Cementace + kalení
- 8) Kontrola součásti po tepelném zpracování
- 9) Soustružení s přídavky pro broušení
- 10) Vrtání děr + výroba závitů
- 11) Tryskání
- 12) Předbroušení kuželové díry pro lisování přípravku
- 13) Lisování přípravku do náboje
- 14) Broušení
- 15) Popis kusů
- 16) Broušení ozubení
- 17) Vylisování přípravku z náboje
- 18) Magnetická zkouška trhlin
- 19) Broušení kónické díry v náboji
- 20) Vyrytí rysek v díře
- 21) Kontrola ozubení
- 22) Kontrola kónické díry a náboje
- 23) Výstupní kontrola
- 24) Zabalení součásti + expedice

## 2.9 Návrh technologického postupu výroby

### 1. Vykování výkovku

- výkovek je dodán německou firmou Bahntechnik Brand - Erbisdorf GmbH
- výchozí polotovar pro zhotovení výkovku je tyč  $\varnothing$  340 mm v délce 660 mm
- materiál: 18CrNiMo7-6
- výrobní dávka 4 kusy
- následné rozválcování do požadovaných rozměrů
- dodat vzorek  $\varnothing$ 35x65 mm

### 2. Předsoustružení polotovaru

- operaci provede Bahntechnik Brand - Erbisdorf GmbH
- hrubé osoustružení výkovku na požadované rozměry  $\varnothing$  798/226 x 146 mm



Obr. 63. Úběr materiálu

### 3. Předzušlechtění polotovaru

- operaci provede Bahntechnik Brand - Erbisdorf GmbH
- provádět při teplotě 850 °C
- následně popustit na  $800 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$

### 4. Soustružení s přídavky před zušlechtěním materiálu

- číslo pracoviště: **2126**
- stroj: **MORI SEIKI SL 603**
- nástroje:
  1. vnější hrubovací nůž **MCLN 2525M16 NL7** s VBD **CNMG 160612E-R**
  2. vnější dokončovací nůž **MTJNR 2525 M16** s VBD **TNMG 160408FW**
  3. vnitřní dokončovací nůž **A25T - SDQCR11 NE2** s VBD **DCMT 11T308E - UR**
- měřidla:
  - posuvné měřítko Mitutoyo, rozsah 0 - 150 mm
  - posuvné měřítko Mitutoyo, rozsah 0 - 1000 mm
  - dutinoměr Microtest, rozsah 200 - 400 mm



### Řezné podmínky

1.  $v_c = 270 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $f = 0,45 \text{ mm}$ ,  $a_p = 3 \text{ mm}$

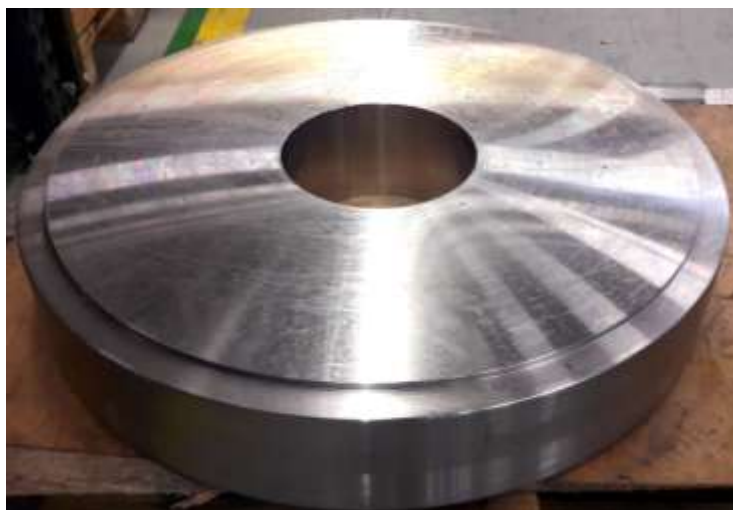
2.  $v_c = 250 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $f = 0,24 \text{ mm}$ ,  $a_p = 1 \text{ mm}$

3.  $v_c = 280 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $f = 0,21 \text{ mm}$ ,  $a_p = 1 \text{ mm}$

- upnutí součásti
- hrubování čela v celé délce na šířku kola 144 mm
- hrubování čela od  $\varnothing 798 \text{ mm}$  po  $\varnothing 730 \text{ mm}$ , hloubka 7 mm + sražení hrany  $0,5 \times 45^\circ$
- hrubování díry na  $\varnothing 229 \text{ mm}$  v délce 146 mm
- dokončení díry na  $\varnothing 230 \text{ H8 mm}$  v délce 146 mm + sražení hrany  $0,5 \times 45^\circ$
- hrubování kónického  $\varnothing 798$  na  $\varnothing 792,9 \text{ mm}$
- dokončení kónického  $\varnothing 792,9$  na  $\varnothing$  vlevo 791,9 mm + rádius R2,5 mm
- otočení součásti
- hrubování čela v celé délce na šířku kola 142 mm
- hrubování čela od  $\varnothing 798 \text{ mm}$  po  $\varnothing 730 \text{ mm}$ , hloubka 5 mm + sražení hrany  $0,5 \times 45^\circ$
- hrubování kónického  $\varnothing 798$  na  $\varnothing 792,9 \text{ mm}$
- dokončení kónického  $\varnothing 792,9$  na  $\varnothing$  vpravo 792,3 mm + rádius R2,5 mm
- kontrola rozměrů součásti



Obr. 64. Úběr materiálu



Obr. 65. Osoustružená součást



## 5. Frézování ozubení

- číslo pracoviště: **2301**
- stroj: **Pfauter PE 600/800**
- nástroj: **odvalovací fréza Sandvik CoroMill 176**
- měřidla: - talířkový mikrometr HHW, rozsah 250 - 300 mm
  - číselníkový úchylkoměr HHW, 0,01 mm

### Řezné podmínky:

- první řez:  $v_c = 160 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $f_{a \text{ ot}} = 5 \text{ mm}$ ,  $f_{R \text{ ot}} = 0,3 \text{ mm}$
- druhý řez:  $v_c = 160 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $f_{a \text{ ot}} = 5 \text{ mm}$ ,  $f_{R \text{ ot}} = 0,2 \text{ mm}$
- modul 7, 110 zubů, úhel sklonu zubů -  $20^\circ$
- upnutí a vyrovnání součásti
- frézovat kónicky pod úhlem  $2^\circ$  kvůli deformacím při kalení
- 1. fáze hrubování ozubení na  $\varnothing 792 \text{ mm}$ , hloubka řezu 12,5 mm
- 2. fáze hrubování ozubení na  $\varnothing 792 \text{ mm}$ , hloubka řezu 17,5 mm
- kontrola rozměrů přes 13 zubů: 269,935 - 269,982 mm
- celková kontrola rozměrů ozubení na stroji Sigma - vytisknout diagram



Obr. 66. Úběr materiálu



Obr. 67. Frézování ozubení



## **6. Sražení hran na ozubení**

- číslo pracoviště: **2260**
- stroj: **DMC 1150V**
- nástroj: **srážeč hran Horex 90°, průměr 6 mm**

### **Řezné podmínky**

- $v_c = 560 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $f_z = 0,035 \text{ mm}$ ,  $a_p = 1,1 \text{ mm}$
- upnutí obrobku
- srazit hranu na zubech  $1,1 \times 45^\circ$
- otočení součásti
- srazit hranu na zubech z jedné strany  $1,1 \times 45^\circ$
- vizuální kontrola správnosti sražení



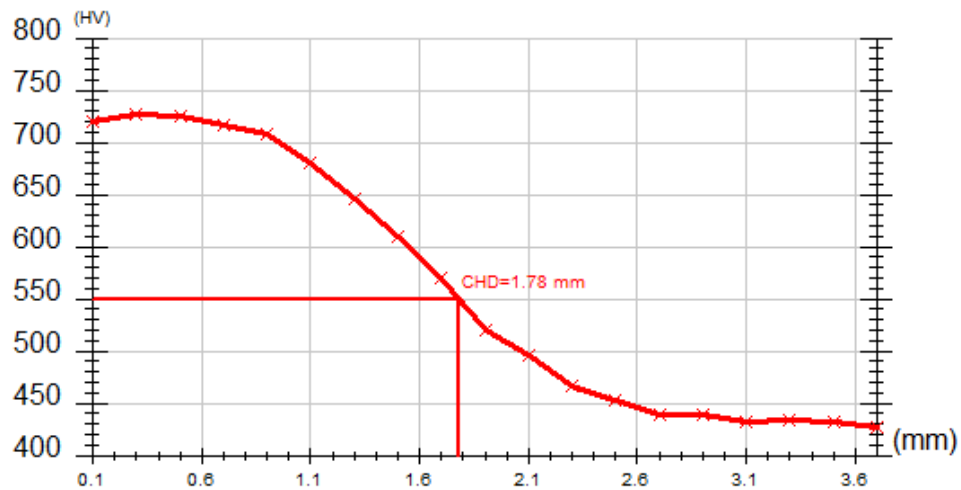
Obr. 68. Sražení hrany na ozubení

## **7. Cementace + kalení**

Tato operace nebyla provedena ve firmě Novogear, ale probíhala formou kooperace ve Slovácckých strojárnách.

### **Požadavky:**

- cementace do hloubky 1,5- 1,8 mm
- HV 680 - 760
- kalit pouze do oleje z důvodu zamezení vzniku trhlin na zubech
- díru  $\varnothing 230 \text{ mm}$  a obě čela do  $\varnothing 730 \text{ mm}$  zakrýt pastou proti cementaci
- díly uložit na 3 podpěrné body ( $3 \times 120^\circ$ )
- díl uložit se sraženou hranou směrem dolů z důvodu kónického průměru  $\varnothing 792$ , který je vyroben záměrně kvůli deformacím při kalení
- po zakalení tryskat od zbytku okují a ochranné pasty
- zkušební vzorek zakalit ve stejné vsázce
- vyhotovit diagram průběhu kalení a protokol tvrdosti



Obr. 69. Hodnoty tvrdosti



Obr. 70. Uložení součástí do pece



Obr. 71. Součást po cementaci, kalení a následném tryskání

## 8. Kontrola součástí po tepelném zpracování

- číslo pracoviště: **2901**

- měřidla: - posuvné měřítko Mitutoyo, rozsah 0 - 150 mm
- posuvné měřítko Mitutoyo, rozsah 0 - 1000 mm
- talířkový mikrometr HHW, rozsah 250 - 300 mm
- číselníkový úchylkoměr HHW, 0,01 mm

- kontrola případných deformací po kalení
- kontrola ovality
- kontrola čelní házivosti
- kontrola vnějšího průměru kola
- kontrola rozměrů přes 13 zubů



## **9. Soustružení s přídavky pro broušení**

- číslo pracoviště: **2142**

- stroj: **DMC 125 FD**

- nástroje:

1. vnější hrubovací nůž **MCLNL 2525 M16 NL7** s VBD **CNMG 160612NM5**
2. vnější dokončovací nůž **MDJNR 2525 M15 NL4** s VBD **DNMG 150616RN**
3. vnější dokončovací nůž **CRSNR 2525 M09** s VBD **RNMG 090300 BBNC300**
4. vnitřní hrubovací nůž **A50U - MDUNR15 NC6** s VBD **DNMA 150612**
5. vnitřní dokončovací nůž **S32U - SVQBR16 NA2** s VBD **VNMG 160408E - M**
6. vnitřní dokončovací nůž **A25T - SDQCR11 NE2** s VBD **DCMT 11T304 - UR**
7. čelní zapichovací nůž **HFHR - 25 -240 - 4T25** s VBD **LCMR 130304 - 0300 -FT**

- měřidla:
- posuvné měřítko Mitutoyo, rozsah 0 - 150 mm
  - posuvné měřítko Mitutoyo, rozsah 0 - 500 mm
  - posuvné měřítko Mitutoyo, rozsah 0 - 1000 mm
  - dutinoměr Microtest, rozsah 200 - 400 mm
  - hloubkoměr Hommel, rozsah 0 - 150 mm

### **Řezné podmínky:**

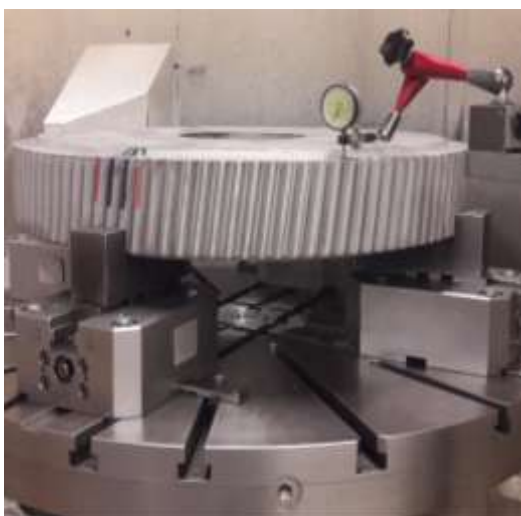
1.  $v_c = 270 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $f = 0,45 \text{ mm}$ ,  $a_p = 3 \text{ mm}$
2.  $v_c = 250 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $f_t = 0,24 \text{ mm}$ ,  $a_p = 1 \text{ mm}$
3.  $v_c = 320 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $f = 0,15 \text{ mm}$ ,  $a_p = 0,5 \text{ mm}$
4.  $v_c = 270 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $f = 0,45 \text{ mm}$ ,  $a_p = 3 \text{ mm}$
5.  $v_c = 250 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $f = 0,20 \text{ mm}$ ,  $a_p = 1,2 \text{ mm}$
6.  $v_c = 160 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $f = 0,12 \text{ mm}$ ,  $a_p = 0,8 \text{ mm}$
7.  $v_c = 120 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $f = 0,08 \text{ mm}$ ,  $a_p = 1,1 \text{ mm}$

- upnutí a vyrovnání součástí
- hrubování čela od  $\varnothing 230$  po  $\varnothing 730$  mm, hloubka 8 mm
- hrubování čelního vybrání od  $\varnothing 323$  mm po  $\varnothing 713$  mm, hloubka 50,5 mm
- hrubování  $\varnothing 292,1$  mm v délce 44 mm
- hrubování  $\varnothing 269,5$  mm v délce 3 mm
- hrubování sražení na  $\varnothing 713$  mm, předhrubovat na  $5 \times 45^\circ$
- dokončení celého povrchu vybrání, ponechat přídavek 0,2 mm dle výkresu pro broušení

- hrubování díry na  $\varnothing 240$  v délce 139 mm
- dokončení konusové díry na  $\varnothing 240,2$  mm, konus 1:50 + rádius R2,5 mm na čele
- dokončení zubového čela na celkovou šířku 124,5 a  $\varnothing 791,8$  mm v délce 65 mm
- otočení součásti
- hrubování čela od  $\varnothing 230$  po  $\varnothing 730$  mm, hloubka 7 mm
- hrubování čelního vybrání od  $\varnothing 321$  mm po  $\varnothing 713$  mm, hloubka 42 mm, úhel dna  $6,84^\circ$
- hrubování zápichu od  $\varnothing 280,4$  mm po  $\varnothing 303$  mm, hloubka 6 mm
- dokončení zápichu s přídávkem pro broušení na  $\varnothing 280,2$  mm 0,2 mm + sražení hrany  $3 \times 45^\circ$
- hrubování sražení na  $\varnothing 713$  mm, předhrubovat na  $5 \times 45^\circ$
- dokončení celého povrchu vybrání + rádius na čele R2,5 mm
- dokončení zubového čela na celkovou šířku 124,1 mm a  $\varnothing 791,8$  mm v délce 60 mm
- soustružení drážky v díře, hloubka 0,7 mm, rádius R6 mm
- kontrola rozměrů součásti na prvním kusu pomocí 3D měřicího přístroje, další kusy již měřit pomocí ručních měřidel



Obr. 72. Úběr materiálu



Obr. 73. Ustavení součásti



Obr. 74. Součást po první a druhé operaci



## **10. Vrtání děr, výroba závitů, frézování drážky**

- číslo pracoviště: **2142**

- stroj: **DMC 125 FD**

- nástroje:

1. kulová fréza 16 mm
2. Vrták s VBD  $\varnothing$  23 mm
3. Vrták z SK  $\varnothing$  11,2 mm
4. pilotní vrták  $\varnothing$  4mm
5. Vrták z SK  $\varnothing$  4mm
6. srážecí hran 10 mm - 90° a 120°
7. závitová fréza G1/4
8. tvářecí závitník M12
9. fréza 8 mm

- měřidla: závitový kalibr M12, G1/4

### **Řezné podmínky:**

1.  $v_c = 850 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $f_z = 0,1 \text{ mm}$ ,  $a_p = 0,08 \text{ mm}$
2.  $v_c = 200 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $f = 0,06 \text{ mm}$
3.  $v_c = 100 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $f = 0,02 \text{ mm}$
4.  $v_c = 100 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $f = 0,1 \text{ mm}$
5.  $v_c = 100 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $f = 0,1 \text{ mm}$
6.  $v_c = 560 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $f_z = 0,035 \text{ mm}$ ,  $a_p = 0,5 \text{ mm}$
7.  $v_c = 80 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $f_z = 0,05 \text{ mm}$
8.  $v_c = 6 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$
9.  $v_c = 2500 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $f_z = 0,05 \text{ mm}$ ,  $a_p = 0,8 \text{ mm}$

- upnutí součásti

- vrtání děr  $\varnothing$  23 na roztečné kružnici  $\varnothing$  410 mm v délce 50 mm, 3 x 120°

- vrtání děr  $\varnothing$  11,2 mm na roztečné kružnici  $\varnothing$  580 mm v délce 40 mm, 3 x 120°, pootočit o 60° vzhledem k dírák  $\varnothing$  23 mm

- výroba závitu M12

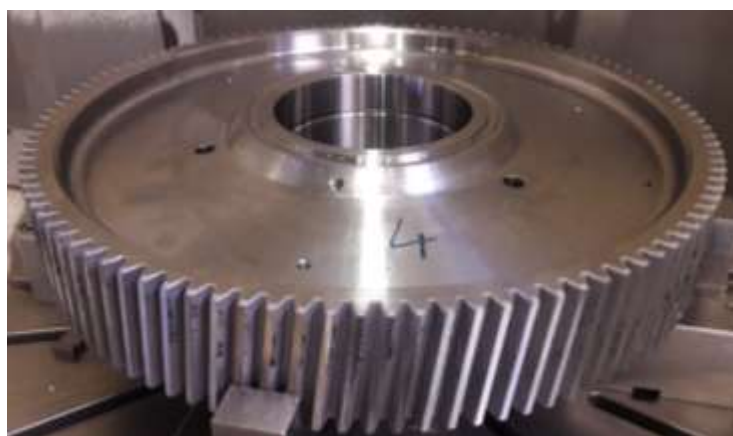
- předvrtání šikmé díry pilotním vrtákem  $\varnothing$  4 mm do hloubky 10 mm pod úhlem 52°

- vrtání šikmé díry  $\varnothing$  4 mm skrz materiál pod úhlem 52°

- předvrtání díry  $\varnothing$  11,2 mm do hloubky 16 mm pro frézování závitu
- frézování závitu G1/4 do hloubky 13 mm
- sražení hran 0,5 x 45° ve všech dírách
- sražení hrany 0,5 x 60° v díře se závitem G1/4
- frézování drážky na čele do hloubky 0,6 mm, rádius R8 mm
- kontrola závitů pomocí kalibru



Obr. 75. Úběr materiálu



Obr. 76. Součást po vyvrtání děr

### 11. Tryskání paty zubu

- číslo pracoviště: **2506**
- stroj: **VIKOMT 1515 F-A**
- tryskací médium: balotina
- jemně a pečlivě tryskat patu zubu (protuberanci)
- použít tlak 2 MPa



Obr. 77. Otryskaná pata zubu

**12. Předbroušení kuželové díry pro lisování přípravku**

- číslo pracoviště: **2610**
- stroj: **Kehren Ri 8-4**
- nástroj: 1. plochý brusný kotouč Cubitron II T5NSP  
2. hrncovitý brusný kotouč Cubitron II T5-150

**Řezné podmínky:**

1.  $v_c = 110 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $f = 3,5 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$
2.  $v_c = 90 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $f = 3 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

- upnutí a seřízení obrobku
- broušení kónické díry 1:50 s přídavkem 0,3 mm na základní  $\varnothing 243,7 \text{ mm}$
- broušení čela náboje na rozměr 136,1 mm
- broušení na čisto čela ozubení na rozměr 124,05 mm
- vyhotovit 3D měřicí protokol pro každý kus, měřit díru  $\varnothing 243,7 \text{ mm}$



Obr. 78. Úběr materiálu



Obr. 79. Broušení součásti

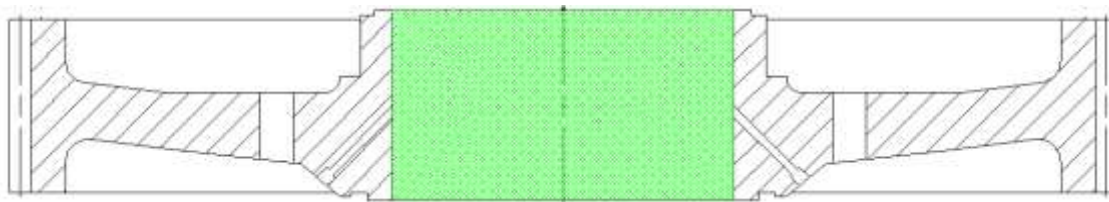


### 13. Lisování přípravku do náboje

Tato operace probíhala kooperačně ve společnosti Tatra Kopřivnice z důvodů nemožnosti realizace kvůli rozměrnosti součásti a nedostatečnému strojnímu vybavení pro lisování. Pomocí tohoto trnu je následně upínán výrobek při brousících operacích.

#### Požadavky:

- před lisováním trnu plochy natřít glycerinem
- nalisování přípravku (upínacího trnu) do díry  $\varnothing 243,7$  mm



Obr. 80. Nalisování trnu



Obr. 81. Trn před nalisováním



Obr. 82. Lisování přípravku

### 14. Broušení

- číslo pracoviště: **2610**
- stroj: **Kehren Ri 8-4**
- nástroj: 1. plochý brusný kotouč Cubitron II T5NSP  
2. hrncovitý brusný kotouč Cubitron II T5-150

#### Řezné podmínky:

1.  $v_c = 110 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $f = 3,5 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$
2.  $v_c = 90 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $f = 3 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

- upnutí a seřízení součásti
- broušení náboje  $\varnothing 280$  mm v délce 2,65 mm
- broušení čela náboje na celkovou šířku 136 mm
- broušení na čisto zubového čela na celkovou šířku 124 mm
- otočení a seřízení součásti
- broušení náboje  $\varnothing 292,1$  mm v délce 41,3 mm a přilehlého čela na rozměr od hrany 44 mm
- měření provést na 3D přístroji



Obr. 83. Úběr materiálu

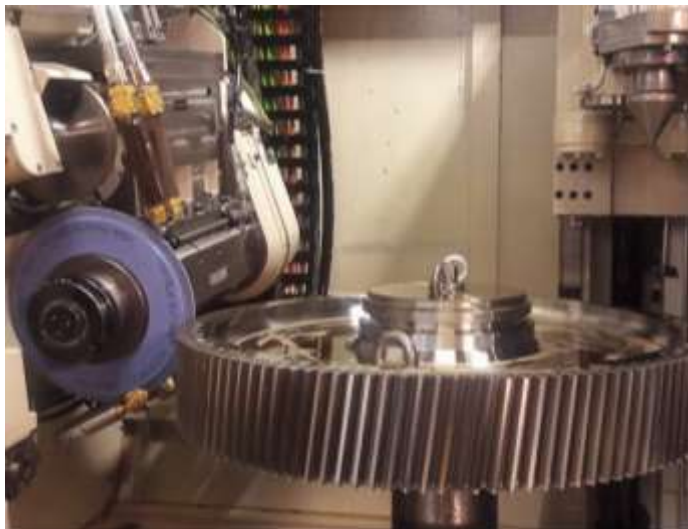
### 15. Popis kusů

- číslo pracoviště: **2308**
- stroj: **Razička SIC C151**
- nástroj: **razicí hrot**
- razba informací: číslo výkresu, číslo kusu, série, tavba materiálu, podpis Novogearu (N)
- razit na levé zubové čelo
- po dokončení řádně zahladit

### 16. Broušení ozubení

- číslo pracoviště: **2651**
- stroj: **Pfauter PE 600/800G**
- nástroj: **jednoprofilový kotouč Cubitron II 99DA**
- $v_c = 110 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $f = 3,5 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$

- upnutí a seřízení obrobku
- broušení 110 zubů  $m7/20^\circ$
- upozornění: nezabrousit patu zubu (protuberanci)
- srazit hrany na hlavové kružnici pomocí filcovacího kotouče  $0,25 \times 45^\circ$
- vyhotovení měřících protokolů na stroji Sigma: profil a linie zubů, obvodové házení, rozměr přes 13 zubů
- rozměr přes 13 zubů 269,935 - 269,982 mm platí pro stav s nalisovaným trnem



Obr. 84. Broušení jednodílným kotoučem



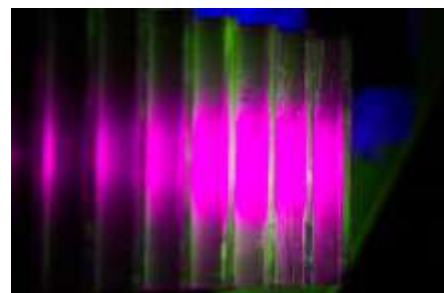
Obr. 85. Obroušené ozubení

### 17. Vylisování přípravku z náboje

Tato operace opět byla provedena externě v Tatře v Kopřivnici.

### 18. Magnetická zkouška trhlin

- číslo pracoviště: **2905**
- kontrolovat ozubení pro možný vznik trhlin při broušení zubů



Obr. 86. Magnetická zkouška trhlin

**19. Broušení kónické díry v náboji**

- číslo pracoviště: **2610**
- stroj: **Kehren Ri 8-4**
- nástroj: hrncovitý brusný kotouč Cubitron II T5-150

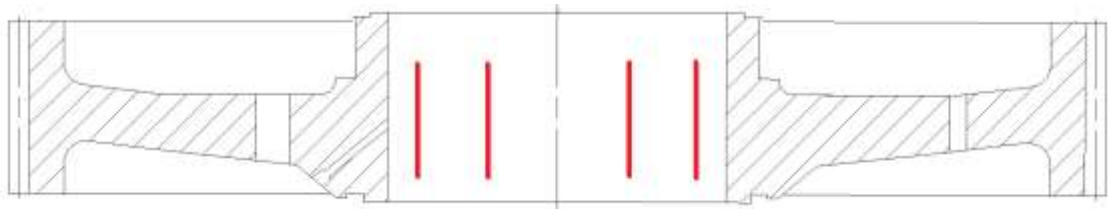
**Řezné podmínky:**

$$v_c = 90 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}, f = 3 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

- upnutí a seřízení součásti
- broušení kónické díry 1:50 na základní  $\varnothing$  244 mm
- drsnost povrchu Ra 0,6  $\mu\text{m}$
- odmagnetování kusů - max. zbytkový magnetismus = 400 A/m
- měřit každý kus na 3D měřicím přístroji

**20. Vrytí rysek v díře**

- číslo pracoviště: **2142**
- stroj: **DMC 125 FD**
- nástroj: **rýsovací jehla s karbidovou špičkou 60°**
- v díře  $\varnothing$  244 mm vyrýt 8 rysek kolmo k čelu
- počátek rysky od vrchní hrany = 36,5 mm
- délka rysky 81 mm
- hloubka 0,1 mm
- po dokončení zaleštit plstěným kotoučem



Obr. 87. Rysky v díře



## **21. Kontrola ozubení**

- číslo pracoviště: **2908**
- stroj: **GLEASON 1000 GMS**
- vyhotovení měřicích protokolů na stroji Gleason: profil a linie zubů, obvodové házení, rozměr přes 13 zubů
- rozměr přes 13 zubů 269,935 - 269,982 mm

## **22. Kontrola kónické díry a náboje**

- číslo pracoviště: **2903**
- stroj: **Wenzel 3D LH1210**



- kontrola kónické díry 1:50
- kontrola náboje  $\varnothing$  280 mm a 292,1 mm

Obr. 88. Kontrola součásti na stroji Wenzel

## **23. Výstupní kontrola**

- číslo pracoviště: **2901**
- měřidla:
  - posuvné měřítko Mitutoyo, rozsah 0 - 150 mm, 0 - 500 mm, 0 - 1000 mm
  - talířkový mikrometr HHW, rozsah 250 - 300 mm
  - číselníkový úchylkoměr HHW, 0,01 mm
  - dutinoměr Microtest, rozsah 200 - 400 mm
  - hloubkoměr Hommel, rozsah 0 - 150 mm
  - závitový kalibr M12, G1/4
- kontrola všech rozměrů součástí
- kontrola magnetismu
- kontrola ovality a házivosti

## **24. Balení + expedice**

- zabalit dle balicího předpisu
- přiložit dokumenty: materiálový atest, diagram ozubení, cementační protokol, protokol tvrdosti, 3D protokol kónické díry, protokol z magnetické zkoušky trhlin, výstupní měřicí protokol



### 3. TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.

V technicko-ekonomickém zhodnocení výroby jsou vypočítány ceny jednotlivých operací, které daný proces obsahuje. Do kalkulace jsou zahrnuty náklady spojené s výrobou součásti. Jedná se o náklady za materiál, náklady na obrábění, tepelné zpracování součásti a další náklady, které je potřeba započítat do ceny výrobku. Při výpočtu nákladů u jednotlivých operací je třeba zahrnout jak samotný čas nutný pro výrobu danou operací, tak i čas potřebný pro přípravu a seřízení strojů, nástrojů, měřidel. Jako ukázka je vybrán výpočet strojního času pro operaci soustružení, kde dle vzorce a zadaných podmínek vypočteme délku strojního času pro jeden krok.

#### Ukázka výpočtu strojního času pro jeden krok - soustružení čelní plochy

V tomto výpočtu bude vypočten strojní čas pro hrubování čelní plochy v 7. operaci. Jedná se o hrubování čela od  $\varnothing 230$  po  $\varnothing 730$  mm, hloubka 7 mm.

Řezné podmínky:  $V_c \text{ DOK} = 270 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ,  $f = 0,45 \text{ mm}$ ,  $a_p = 3 \text{ mm}$

Z řezné rychlosti zjistíme otáčky pro obráběný průměr na součásti.

Délka náběhu a přeběhu je 2 mm.

Jelikož se otáčky během operace mění, zvolil jsem střední  $\varnothing 482$  mm.

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \rightarrow n = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} = \frac{270 \cdot 1000}{3,14 \cdot 482} = 178,4 \text{ min}^{-1}$$

Celková délka obrábění je 254 mm.

$$T_{as} = \frac{L}{n \cdot f} = \frac{254}{178,4 \cdot 0,45} = 3,17 \text{ min} \rightarrow 3 \text{ min } 10 \text{ s}$$

#### Náklady pro jednotlivé operace

- výsledné náklady = potřebný čas · sazba stroje



**1) Vykování výkovku**

- cena jednoho polotovaru: 44583,6 Kč
- celková cena pro zakázku 4 kusů: 178332,2 Kč

**2) Předsoustružení polotovaru**

- cena je již zahrnuta v celkové ceně výkovku 44583,6 Kč

**3) Předzušlechtění polotovaru**

- náklady na jeden kus: 7500 Kč
- náklady na 4 kusy: 30000 Kč

**4) Soustružení s přídavky před zušlechtěním materiálu**

- hodinová sazba: 1198 Kč
- doba příprav: 180 min
- doba obrábění jednoho kusu: 50 min
- doba obrábění 4 kusů: 200 min
- náklady na jeden kus: 3594 Kč + 998 Kč = 4592 Kč
- náklady na 4 kusy: 3594 Kč + 3992 Kč = 7586 Kč

**5) Hrubovací frézování ozubení**

- hodinová sazba: 1400 Kč
- doba příprav: 390 min
- doba obrábění jednoho kusu: 30 min
- doba obrábění 4 kusů: 120 min
- náklady na jeden kus: 9100 Kč + 700 Kč = 9800 Kč
- náklady na 4 kusy: 9100 Kč + 2800 Kč = 11900 Kč

**6) Sražení hrany na ozubení**

- hodinová sazba: 1050 Kč
- doba příprav: 30 min
- doba obrábění jednoho kusu: 25 min
- doba obrábění 4 kusů: 100 min
- náklady na jeden kus: 525 Kč + 437 Kč = 962 Kč
- náklady na 4 kusy: 525 Kč + 1748 Kč = 2273 Kč





**7) Cementace + kalení**

- náklady na jeden kus: 16500 Kč
- náklady na 4 kusy: 66000 Kč

**8) Kontrola součásti po tepelném zpracování**

- hodinová sazba: 480 Kč
- doba příprav: 0 min
- doba kontroly jednoho kusu: 30 min
- doba kontroly 4 kusů: 80 min
- náklady na jeden kus: 0 Kč + 240 Kč = 240 Kč
- náklady na 10 kusů: 0 Kč + 600 Kč = 600 Kč

**9) Soustružení s přídavky pro broušení**

- hodinová sazba: 2500 Kč
- doba příprav: 540 min
- doba obrábění jednoho kusu: 317 min
- doba obrábění 4 kusů: 1258 min
- náklady na jeden kus: 22500 Kč + 13208,3+ Kč = 35708,3 Kč
- náklady na 4 kusy: 22500 Kč + 52833,2 Kč = 75333,2 Kč

**10) Vrtání děr + výroba závitů**

- hodinová sazba: 2500 Kč
- doba příprav: 150 min
- doba obrábění jednoho kusu: 35 min
- doba obrábění 4 kusů: 140 min
- náklady na jeden kus: 6250 Kč + 1458 Kč = 7708 Kč
- náklady na 4 kusy: 6250 Kč + 5833 Kč = 12083 Kč

**11) Tryskání**

- hodinová sazba: 600 Kč
- doba příprav: 10 min
- doba tryskání jednoho kusu: 30 min
- doba tryskání 4 kusů: 120 min
- náklady na jeden kus: 60 Kč + 300 Kč = 360 Kč
- náklady na 4 kusy: 60 Kč + 1200 Kč = 1260 Kč



**12) Předbroušení kuželové díry pro lisování přípravku**

- hodinová sazba: 2100 Kč
- doba příprav: 120 min
- doba obrábění jednoho kusu: 55 min
- doba obrábění 4 kusů: 220 min
- náklady na jeden kus:  $4200 \text{ Kč} + 1925 \text{ Kč} = 6125 \text{ Kč}$
- náklady na 4 kusy:  $4200 \text{ Kč} + 7700 \text{ Kč} = 11900 \text{ Kč}$

**13) Lisování přípravku do náboje**

- náklady na jeden ku: 1662,5 Kč
- náklady na 4 kusy: 6650 Kč

**14) Broušení**

- hodinová sazba: 2100 Kč
- doba příprav: 315 min
- doba obrábění jednoho kusu: 85 min
- doba obrábění 4 kusů: 340 min
- náklady na jeden kus:  $11025 \text{ Kč} + 2975 \text{ Kč} = 14000 \text{ Kč}$
- náklady na 4 kusy:  $11025 \text{ Kč} + 11900 \text{ Kč} = 22925 \text{ Kč}$

**15) Popis kusů**

- hodinová sazba: 600 Kč
- doba příprav: 10 min
- doba značení jednoho kusu: 2 min
- doba značení 4 kusů: 8 min
- náklady na jeden kus:  $60 \text{ Kč} + 20 \text{ Kč} = 80 \text{ Kč}$
- náklady na 4 kusy:  $60 \text{ Kč} + 80 \text{ Kč} = 140 \text{ Kč}$

**16) Broušení ozubení**

- hodinová sazba: 1800 Kč
- doba příprav: 240 min
- doba obrábění jednoho kusu: 115 min
- doba obrábění 4 kusů: 460 min
- náklady na jeden kus:  $7200 \text{ Kč} + 3450 \text{ Kč} = 14100 \text{ Kč}$
- náklady na 4 kusy:  $7200 \text{ Kč} + 13800 \text{ Kč} = 21000 \text{ Kč}$



**17) Vylisování přípravku z náboje**

- náklady na jeden ku: 1662,5 Kč
- náklady na 4 kusy: 6650 Kč

**18) Magnetická zkouška trhlin**

- hodinová sazba: 800 Kč
- doba příprav: 30 min
- doba zkoušení jednoho kusu: 20 min
- doba zkoušení 4 kusů: 80 min
- náklady na jeden kus: 400 Kč + 266 Kč = 666 Kč
- náklady na 4 kusy: 400 Kč + 1064 Kč = 1464 Kč

**19) Broušení kónické díry v náboji**

- hodinová sazba: 2100 Kč
- doba příprav: 150 min
- doba obrábění jednoho kusu: 55 min
- doba obrábění 4 kusů: 220 min
- náklady na jeden kus: 5250 Kč + 1925 Kč = 7175 Kč
- náklady na 4 kusy: 5250 Kč + 7700 Kč = 12950 Kč

**20) Vyrytí rysek v díře**

- hodinová sazba: 2500 Kč
- doba příprav: 90 min
- doba orýsování jednoho kusu: 20 min
- doba orýsování 4 kusů: 80 min
- náklady na jeden kus: 3750 Kč + 833 Kč = 4583 Kč
- náklady na 4 kusy: 3750 Kč + 3332 Kč = 7082 Kč

**21) Kontrola ozubení**

- hodinová sazba: 1200 Kč
- doba příprav: 30 min
- doba kontroly jednoho kusu: 30 min
- doba kontroly 4 kusů: 120 min
- náklady na jeden kus: 600 Kč + 600 Kč = 1200 Kč
- náklady na 4 kusy: 600 Kč + 2400 Kč = 3000 Kč



**22) Kontrola kónické díry a náboje**

- hodinová sazba: 1250 Kč
- doba příprav: 30 min
- doba kontroly jednoho kusu: 45 min
- doba kontroly 4 kusů: 120 min
- náklady na jeden kus:  $625 \text{ Kč} + 937 \text{ Kč} = 1562 \text{ Kč}$
- náklady na 4 kusy:  $625 \text{ Kč} + 3748 \text{ Kč} = 4373 \text{ Kč}$

**23) Výstupní kontrola**

- hodinová sazba: 500 Kč
- doba příprav: 20 min
- doba kontroly jednoho kusu: 30 min
- doba kontroly 4 kusů: 120 min
- náklady na jeden kus:  $167 \text{ Kč} + 250 \text{ Kč} = 417 \text{ Kč}$
- náklady na 4 kusy:  $167 \text{ Kč} + 1000 \text{ Kč} = 1167 \text{ Kč}$

Do kalkulace je potřeba také započíst cenu za upínací trny, ta činila 29706 Kč za 4 ks.

Celková částka na výrobu jednoho kusu činí **186882 Kč**

Celková částka na výrobu 4 kusů činí **334089 Kč**



## **4. ZÁVĚR**

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout kompletní postup výroby ozubeného kola ve spolupráci s firmou NOVOGEAR, spol. s r.o. pro zákazníka Gmeinder Getriebe - und Maschinenfabrik GmbH.

V teoretické části práce je popsána problematika výroby čelního ozubení odvalovacím způsobem. Je zde popsána jak hrubovací metoda, tak i dokončovací. V této části se také nachází stručný popis dalších metod pro výrobu čelního ozubení.

Praktická část se zabývá kompletním návrhem všech potřebných prostředků pro realizaci výroby. Nejprve je vybrán vhodný materiál pro výrobu součásti. Jelikož výrobek bude značně namáhán, byla zvolena cementační ocel 18CrNiMo7-6, která je vhodná pro velmi namáhané strojní součásti. Samotná ocel nemá požadované vlastnosti, proto bylo navrženo i tepelné zpracování jak polotovaru, tak i samotné součásti. Jsou zde také podrobně popsány stroje, nástroje a měřidla, které jsou používány při výrobě součásti.

V další části je popsán samotný výrobní postup zadané součásti. Jednotlivé operace jsou zde popsány po krocích, jaké stroje, nástroje a měřidla budou v dané operaci použité a u obráběcích operace jsou také navrženy řezné podmínky. Nejprve byl vždy vybrán vhodný stroj k vykonání dané operace, poté byly vybrány příslušné nástroje a určeny řezné podmínky pro každý tento nástroj. Výroba byla provedena dle vypracovaného výrobního postupu, dle kterého byly také vyhotoveny výrobní CNC programy pro každou operaci. Samotná výroba proběhla bez většího problému, nastal pouze jeden problém z důvodu čekání na vyměnitelné břitové destičky do frézy pro výrobu ozubení.

V závěru práce se nachází technicko-ekonomické zhodnocení celé výroby. Pro výpočet byla použita hodinová sazba stroje a doba potřebná k vykonání dané operace na daném stroji. Do této doby bylo potřeba také zahrnout dobu potřebnou k seřízení stroje, přichystání nástrojů, měřidel a dalších pomůcek. Po celkové kalkulaci činí výrobní náklady na jeden kus 186882 Kč a náklady na celou zakázku čtyř kusů činí 334089 Kč.



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1.	Kinematika pohybu odvalovacího frézování
Obrázek 2.	Princip vytvoření evolventy
Obrázek 3.	Úhel nastavení nástroje
Obrázek 4.	Praktická ukázka odvalovacího frézování
Obrázek 5.	Monolitní odvalovací fréza
Obrázek 6.	Odvalovací fréza s vyměnitelnými hřebeny
Obrázek 7.	Odvalovací fréza s vyměnitelnými destičkami
Obrázek 8.	Praktická ukázka broušení odvalovacím způsobem
Obrázek 9.	Výroba ozubení dělicím způsobem
Obrázek 10.	Výroba ozubení hřebenovým nožem
Obrázek 11.	Výroba ozubení kotoučovým nožem
Obrázek 12.	Výroba ozubení protahováním
Obrázek 13.	Dokončování ozubení - ševingování
Obrázek 14.	Dokončování ozubení - broušení dělicím způsobem
Obrázek 15.	Dokončování ozubení - honování
Obrázek 16.	Dokončování ozubení - lapování.
Obrázek 17.	3D model výrobku
Obrázek 18.	Přehled vlastností oceli 18CrNiMo-7-6
Obrázek 19.	CNC soustruh MORI SEIKI SL 603
Obrázek 20.	CNC soustruh DMC 125 FD
Obrázek 21.	Odvalovací frézka Pfauter PE 600/800
Obrázek 22.	Bruska Pfauter PE 600/800G
Obrázek 23.	Obráběcí centrum DMC 1150V
Obrázek 24.	UV kontrolní přístroj
Obrázek 25.	3D měřicí stroj Wenzel 3D LH1210
Obrázek 26.	Graf Gleason 1000 GMS
Obrázek 27.	Bruska Kehren Ri 8-4
Obrázek 28.	Tryskací kabina Vikomt
Obrázek 29.	Razíčka SIC C151



Obrázek 30.	Soustružnický nůž MCLNL
Obrázek 31.	Soustružnický nůž MDJNL
Obrázek 32.	Soustružnický nůž MDUNR
Obrázek 33.	Soustružnický nůž CRSNR
Obrázek 34.	Soustružnický nůž SVQBR
Obrázek 35.	Soustružnický nůž HFHR
Obrázek 36.	Soustružnický nůž SDQCR
Obrázek 37.	Soustružnický nůž MTJNR
Obrázek 38.	Hrubovací destička CNMG
Obrázek 39.	Hrubovací destička DNMG
Obrázek 40.	Hrubovací destička DNMA
Obrázek 41.	Dokončovací estička RNGN
Obrázek 42.	Dokončovací destička VNMG
Obrázek 43.	Zapichovací estička LCMR
Obrázek 44.	Dokončovací destička DCMT
Obrázek 45.	Hrubovací destička CNMG
Obrázek 46.	Dokončovací destička TNMG
Obrázek 47.	Dokončovací destička DCMT
Obrázek 48.	Sandvik CoroMill 176
Obrázek 49.	VBD pro frézu, Modul 7
Obrázek 50.	Brusný kotouč Cubitron II
Obrázek 51.	Srážeč hran 90°
Obrázek 52.	Kulová fréza 16 mm
Obrázek 53.	Fréza 8 mm
Obrázek 54.	Vrták s VBD 23 mm
Obrázek 55.	Karbidový vrták 10,3 mm
Obrázek 56.	Karbidový vrták 11,8 mm
Obrázek 57.	Karbidový vrták 4 mm
Obrázek 58.	Srážeč hran 90°, 120°
Obrázek 59.	Tvářecí závitník M12
Obrázek 60.	Závitová fréza G1/4





Obrázek 61.	Plochý brusný kotouč
Obrázek 62.	Hrncovitý brusný kotouč
Obrázek 63.	Úběr materiálu
Obrázek 64.	Úběr materiálu
Obrázek 65.	Osoustružená součást
Obrázek 66.	Úběr materiálu
Obrázek 67.	Frézování ozubení
Obrázek 68.	Sražení hrany na ozubení
Obrázek 69.	Hodnoty tvrdosti
Obrázek 70.	Uložení součástí do pece
Obrázek 71.	Součást po cementaci, kalení a následném tryskání
Obrázek 72.	Úběr materiálu
Obrázek 73.	Ustavení součásti
Obrázek 74.	Součást po první a druhé operaci
Obrázek 75.	Úběr materiálu
Obrázek 76.	Součást po vyvrtání děr
Obrázek 77.	Otryskaná pata zubu
Obrázek 78.	Úběr materiálu
Obrázek 79.	Broušení součásti
Obrázek 80.	Nalisování trnu
Obrázek 81.	Trn před nalisováním
Obrázek 82.	Lisování přípravku
Obrázek 83.	Úběr materiálu
Obrázek 84.	Broušení jednopřímým kotoučem
Obrázek 85.	Obroušené ozubení
Obrázek 86.	Magnetická zkouška trhlin
Obrázek 87.	Rysky v díře
Obrázek 88.	Kontrola součásti na stroji Wenzel



## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

*Technologie odvalovacího frézování při výrobě ozubených kol* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: [https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/25136/sola%C5%99%C3%ADk\\_2013\\_bp.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/25136/sola%C5%99%C3%ADk_2013_bp.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

*VÝROBA OZUBENÉHO KOLA RŮZNÝMI TECHNOLOGIEMI* [online]. [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <https://core.ac.uk/download/pdf/30294017.pdf>

MRKVICA, Ivan. *Speciální technologie: výroba ozubených kol I*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2009. ISBN 978-80-248-1931-0.

*Výroba ozubení odvalováním* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://www.tumlikovo.cz/vyroba-ozubeni-odvalovaci-frezou/#more-2101>

*SOUČASNÉ TRENDY V OBRÁBĚNÍ OZUBENÝCH KOL* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://projekty.fs.vsb.cz/147/ucebniopory/978-80-248-2724-7.pdf>

*Dokončovací operace ozubení - broušení odvalovacím způsobem* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://invitel.hu/gytibo/regi%20gytibo/Reishauer.htm>

HUMÁR, A. *TECHNOLOGIE I TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 2. část* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: [http://www.fme.vutbr.cz/opory/pdf/TI\\_TO-2cast.pdf](http://www.fme.vutbr.cz/opory/pdf/TI_TO-2cast.pdf)

## SEZNAM CITOVANÉ LITERATURY

[1] HUMÁR, A. *TECHNOLOGIE I TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ – 2. část* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: [http://www.fme.vutbr.cz/opory/pdf/TI\\_TO-2cast.pdf](http://www.fme.vutbr.cz/opory/pdf/TI_TO-2cast.pdf)

[2] *Monolitní fréza* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://www.kasiktools.cz/new/cz/gallery/1-galerie/detail/4-kasiktools-nastroje>

[3] *Fréza s VBD* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://www.star-su.com/cutting-tools/gear-cutting-tools/indexable-gear-milling/177>

[4] *Odvalovací frézování* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/544794886146458487/?lp=true>

[5] *Broušení odvalovacím způsobem* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <https://www.samputensili.com/gear-grinding-machine-innovative-solutions/>

[6] *Dokončovací operace ozubení - honování* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://infocube.cz/cs/inovativni-honovaci-cnc-stroj-urychli-vyrobu-presnych-ozubenych-kol/>



- [7] *Dokončovací operace ozubení - lapování* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://www.amtechinternational.com/gear-lapping-grinding-services/>
- [8] *Materiálový list Bolzano* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://www.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/technicka-prirucka/tycove-oceli-uhlikove-konstrukcni-a-legovane/oceli-k-cementovani-podle-en-10084/prehled-vlastnosti-oceli-18crnimo7-6>
- [9] *CNC soustruh MORI SEIKI SL 603* [online]. [[cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://us.dmgmori.com/products/lathes/universal-lathes/sl/sl-603>
- [10] *CNC soustruh DMC 125 FD* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: [http://wintech-eg.com/images/dmc125fd\\_gr.jpg](http://wintech-eg.com/images/dmc125fd_gr.jpg)
- [11] *Odvalovací frézka Pfauter PE 600/800* [online]. [[cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://www.gleason.com/products/it/74/70/p-600-es>
- [12] *Bruska Pfauter PE 600/800G* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: [http://www.deltadynamics.com/sites/default/files/imagecache/x200/dd\\_product\\_description\\_image/Gleason%20Grinder0001.JPG](http://www.deltadynamics.com/sites/default/files/imagecache/x200/dd_product_description_image/Gleason%20Grinder0001.JPG)
- [13] *Obráběcí centrum DMC 1150V* [online]. [[cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://cz.dmgmori.com/products/milling-machines/vertical-machining-centres/dmc-v/dmc-1150-v>
- [14] *3D měřicí stroj Wenzel 3D LH1210* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <https://brtservis.cz/wp-content/uploads/2016/07/LH1210-300x300.jpg>
- [15] *Graf Gleason 1000 GMS* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: [https://www.gleason.com/uploads/products\\_images/header\\_image\\_0361.png](https://www.gleason.com/uploads/products_images/header_image_0361.png)
- [16] *Bruska Kehren Ri 8-4* [online]. [[cit. 2018-05-14]. Dostupné z: [http://expo21xx.com/automation21xx/20687\\_st3\\_cnc\\_machine\\_tool/default.htm](http://expo21xx.com/automation21xx/20687_st3_cnc_machine_tool/default.htm)
- [17] *Tryskací kabina Vikomt* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <https://www.wista.cz/vikomt-1515-f-a>
- [18] *Razička SIC C151* [online]. [[cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <https://www.logismarket.com.ar/full-mark/marcaje-por-puntos/1494550975-1334942647-p.html>
- [19] *Soustružnické nože Kennametal* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://www.engineeringsupplies.co.uk/>
- [20] *Soustružnické nože Iscar* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <https://www.iscar.com/eCatalog/Family.aspx?fnum=249&mapp=TG&app=10&GSTYP=M>
- [21] *ECatalog Pramet Tools s.r.o.* [online]. [[cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://ecat.pramet.com/default.aspx>



- [22] *Sandvik CoroMill 176* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://www.star-su.com/cutting-tools/gear-cutting-tools/indexable-gear-milling/176>
- [23] *Brusný kotouč Cubitron II* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://www.3mpribeh.cz/cubitron2/jednoprofilove-brusne-kotouce/>
- [24] *Srážec hran 90°* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <https://www.frezos.lt/frezos-metalui/2692-holex-vhm-nuozulu-nuemiklis-90-8-mm.html>
- [25] *Kulová fréza 16 mm* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <https://www.secotools.com/#article/83105?language=cs>
- [26] *Fréza 8 mm* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <https://rs-tools.nl/vhm-frees-8-x-21-63-mm-hpc-holex.html>
- [27] *Vrták s VBD 23 mm* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <https://www.secotools.com/#article/83125?language=cs>
- [28] *Karbidový vrták 10,3 mm* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <https://www.fgmtooling.com/b977a15500-kc7315.html>
- [29] *Karbidový vrták 11,2 mm* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: [https://www.walter-tools.com/cs-cz/tools/standard\\_products/holemaking/overview/drilling/xtreme\\_plus/Pages/default.aspx](https://www.walter-tools.com/cs-cz/tools/standard_products/holemaking/overview/drilling/xtreme_plus/Pages/default.aspx)
- [30] *Karbidový vrták 4 mm* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <https://www.walmart.com/ip/WALTER-TITEX-A6785TFP-9-16IN-Coolant-Fed-Drill-14-288mm-140-Carbide/50041532>
- [31] *Tvářecí závitník M12* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <https://www.toolmento.de/hersteller/walter/1114>
- [32] *Závitová fréza G1/4* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <https://www.grainger.com/product/WALTER-Thread-Mill-35RM16>
- [33] *Ploché brusný kotouč* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <http://www.enginebuildermag.com/2014/04/3m-cubitron-ii-vitrified-wheels/>
- [34] *Hrncovitý brusný kotouč* [online]. [cit. 2018-05-14]. Dostupné z: <https://1550173444.rsc.cdn77.org/images/0/1029fd0714d4a61a/2/hrncovy-brusny-kotouc-prumer-200-mm-pro-brusku-goweil-ms100-zrnitost-46.jpg>



## SEZNAM PŘÍLOH

- příloha č. 1: Výrobní výkres součásti